NOTA SOBRE EL AUTOR.

Yasuhiro Monden es profesor de Contabilidad en la Universidad de Tsukuba en Sakura, Ibaraki, Japon, autor de números libros y artículos y traductor al japonés de libros en alemán e inglés. Durante su estancia en los Estados Unidos como profesor visitante asociado en la Escuela de Dirección de Empresas de la Universidad del Estado de Nueva York, en Buffalo, en 1980-8, el Profesor Monden disertó sobre el sistema Toyota de producción en diez conferencias y seminarios profesionales. Su serie de artículos sobre el sistema publicada en Industrial Engineering (1981) ha dado Origen a su último libro, El sistema de producción de Toyota.

Reside en Tsukuba, Japón, con su esposa y sus tres hijos.

La búsqueda de una solución a los problemas de competitividad industrial es absolutamente necesaria para la supervivencia de la empresa española.

El nuevo modelo de organización japonés del sistema productivo, generalmente conocido como "Just-in-Time" JIT, que fue desarrollado por el Sr. Ohno en Toyota, y ya de uso generalizado en Japón, supone un paso adelante en este campo de importancia similar a la que tuvo en su momento el modelo de la división del trabajo de Taylor o la organización del trabajo en cadena de Ford.

Este modelo de producción contribuye a la solución de algunos de los problemas más importantes en las empresas españolas:

— Reducción de costes
— Reducción de existencias
— Rápida adaptación a los cambios de la demanda

Las técnicas que comprende este modelo se han implantado con éxito en empresas de todos los tamaños: en grandes empresas matrices y en sus proveedores, así como en diferentes tipos de fabricación, en serie y bajo pedido.

Asimismo y demostrando que la idiosincrasia de los trabajadores japoneses y el particular entorno de relaciones socio-laborales no constituyen un impedimento definitivo, este modelo ha sido aplicado con éxito en varias compañías en EEUU y en algunas, pocas aún, empresas españolas.

Estamos seguros de que la evolución de la tecnología de la organización de la producción va en esta dirección y por ello, esperamos que las ideas expuestas y desarrolladas en esta obra constituyan una contribución importante para la implantación de estas técnicas en las empresas españolas, y por tanto puedan obtener la ventaja que supone conseguir los resultados de la adopción de estos sistemas frente a su competencia internacional.

Price Waterhouse

Este libro sobre "El sistema de Producción de Toyota" es extraordinariamente congruente con el enfoque de Dirección de la Producción que aplicamos en el IESE. El enfoque que se describe es avanzado por cuanto incorpora conceptos y técnicas poco difundidos, sobre todo en las empresas españolas. Es riguroso, relacionando estos conceptos y técnicas con sus planteamientos formales. Se trata de un enfoque innovador que muestra cómo es todavía posible mejorar las cosas en zonas de la actividad productiva que se consideraban un tanto agotadas. Pero sobre todo propone un método respetuoso con las personas y preocupado por su integración y por su continuo enriquecimiento en el trabajo.

El libro es profundamente didáctico porque enseña sobre la base de aplicación a un caso práctico (si bien los conceptos y técnicas son aplicables a cualquier otra situación), relaciona los métodos nuevos con otros más antiguos pero más difundidos, utiliza un lenguaje accesible y es ordenado y exhaustivo en la presentación de los temas.

La creciente competencia internacional exige una forma más inteligente de fabricar: los procesos deben ser más flexibles para acomodarse más rápidamente a las cambiantes exigencias del mercado; las inversiones en activos circulantes comprometidas en procesos productivos deben minimizarse para evitar la penalización que producen sobre los costes de producción; las cosas deben producirse bien a la primera por trabajadores responsables de ejecutar bien y no simplemente de ejecutar. El libro ofrece cantidad de sencillas reglas y metodologías para aprender a hacer las cosas con esta filosofía.

Pedro Nueno
Profesor del JESE

Prefacio

La técnica que llamamos sistema Toyota de producción nació como consecuencia de nuestros esfuerzos para competir con las industrias del automóvil de las naciones avanzadas de Occidente tras el final de la Segunda Guerra Mundial y sin contar con la ayuda de fondos o de espléndidas facilidades.

Uno de nuestros propósitos fundamentales fue, ante todo, incrementar la productividad y reducir los costes. Para conseguir este propósito, pusimos el acento en eliminar en las fábricas todo tipo de funciones innecesarias. Nuestro método ha sido investigar una por una las causas de las diversas operaciones "innecesarias" en fabricación e idear procedimientos para su solución, a menudo mediante prueba y error.

La técnica del Kanban como instrumento de la producción Just-in-time, la idea y el método de nivelado de la producción y el control autónomo (Jidoka) han surgido de procesos de prueba y error en los lugares de fabricación.

De esté modo, como el sistema Toyota de producción se ha originado de prácticas reales en las fábricas de la empresa, presenta como rasgo fundamental el énfasis en los efectos prácticos, en el ejercicio real y en la puesta en acción más que en el análisis teórico. En consecuencia, hemos observado que, si en Japón resulta difícil para la gente de otras compañíías entender nuestro sistema, menos posible aún resultará que los extranjeros puedan entenderlo.

Pero ahora el Profesor Monden ha escrito este libro haciendo buen uso de sus investigaciones y de sus experiencias docentes en Estados Unidos. Estamos por ello muy interesados en el modo como el Profesor Monden ha "teorizado" nuestra práctica desde su punto de vista académico y la ha explicado a gente de otro país. Deseamos, al propio tiempo, leer y estudiar el libro para nuestro propio progreso futuro.

En ninguna otra época de la historia se ha discutido tanto sobre el problema de la productividad. No se trata únicamente ya de un problema económico; ahora se presenta como un serio problema político bajo la forma de fricciones comerciales. En un tiempo cómo éste, resultará para nosotros muy grato que el sistema Toyota de producción que hemos ideado pudiera ponerse al servicio del problema de la productividad en otros países.

Aunque tenemos una leve duda de que el sistema Just-in-time pueda aplicarse en países extranjeros con un clima empresarial, unas relaciones laborales y muchos otros sistemas sociales tan diferentes de los nuestros, creemos firmemente que no existen diferencias significativas entre los propósitos finales de las empresas ni entre la gente que en ellas trabaja.

Por ello, confiamos y esperarnos que, utilizando este libro como referencia, pueda crearse en otros países un nuevo sistema eficaz de producción.

Taiichi Ohno
Primer Vicepresidente
Toyota Motor Corporation

Prólogo

El sistema Toyota de producción es una tecnología de gestión integrada de la producción inventada por los japoneses un centenar de años después de su apertura al mundo moderno. Es más que probable que no aparezca, durante algún tiempo, otro avance tan gigantesco en los métodos de producción.

Mr. Taiichi Ohno, Primer Vicepresidente de Toyota Motor Corp., que ha escrito el prólogo de este libro, es el inventor y promotor en Toyota del sistema. Al perfeccionarlo ha desarrollado algunas ideas originales, las ha puesto en práctica y las ha revisado. Desde que dirigía el departamento de mecanización de la fábrica Honsha, en 1949-50, hasta 1975 en que alcanza la Vicepresidencia de Toyota, ha ido extendiendo gradualmente sus métodos originales a través de la compañía, aplicándolos finalmente al conjunto de empresas del grupo Toyota.

Por lo demás, deben ser reconocidos, para el desarrollo y promoción del sistema Toyota, el apoyo de los altos ejecutivos, el denodado esfuerzo de los competentes subordinados de Ohno y las ideas de todos los trabajadores de Toyota. En este sentido, Mr. Ohno ha construido y promovido el sistema corno un excelente conductor, poniendo en común todas las ideas desarrolladas por su gente.

Fue justamente tras de la primera crisis del petróleo, a fines de 1973, cuando el sistema Toyota de producción atrajo la atención de las industrias japonesas. Frente al impacto de una inflación de costes sin precedentes, la mayoría de las empresas japonesas habían caído en números rojos, excepto Toyota, que mostraba amplios beneficios. Se hizo evidente que, para superar la crisis del petróleo, las citadas empresas debían conseguir una organización ágil y vigorosa. Desde este punto de vista, no resultaría excesivo afirmar que las compañías japonesas han remontado la depresión de la crisis del petróleo mediante la introducción, parcial o total, del sistema Toyota de producción.

A partir de la experiencia japonesa, el autor cree firmemente que el sistema Toyota de producción puede desempeñar un papel importante en la tarea de desarrollar la organización tanto de las empresas americanas y europeas como de las compañías multinacionales, en especial las de la industria del automóvil. Por ello, el propósito principal del autor al publicar este libro es ofrecer ayuda a las empresas que en Estados Unidos y en otros países vienen

realizando esfuerzos de mejora de productividad y promover así la amistad entre Japón y numerosos países.

La idea básica del sistema Toyota de producción es mantener en las fábricas un flujo continuo de productos, para adaptarse flexiblemente a los cambios de la demanda. La realización del flujo de producción citado se denomina en Toyota producción Just-in-time, que significa producir solo los artículos necesarios en la cantidad y en el tiempo asimismo necesarios. Como resultado, disminuirían de modo natural los excedentes de personal y de existencias, consiguiéndose de este modo el propósito de incrementar la productividad y reducir los costes.

En 1980, el ratio de rotación de stocks (= ventas anuales/existencias medias), fue en Toyota Motor Company de 87; en otros términos, el período de almacenaje (promedio de existencias/ promedio mensual de ventas) fue de únicamente 0.138 meses, es decir, de 4 días. Esto significa que Toyota Motor Company tenía existencias (incluidos materiales) para sólo cuatro días de ventas. Por otra parte, el ratio de rotación de stocks en Toyota Motor Sales Company fue de 40 y su período de almacenaje de sólo 9 días.

Además, el margen de seguridad (= umbral de rentabilidad de las ventas/ventas y otros ingresos) de Toyota Motor Corp. en 1980 fue (de solo el 64 %, lo que significa que Toyota podría tener beneficios incluso si sus ventas actuales se redujeran al 64 %. Un umbral de rentabilidad tan notablemente bajo se había conseguido gracias a la disminución de personal. Debe añadirse que Toyota ha mantenido estas cifras en los pasados años e incluso las ha mejorado en algunos casos.

El principio básico de la producción Jusi-in-time es universalmente racional: es decir, el Sistema Toyota de producción se ha desarrollado siguiendo continuamente el método ortodoxo de gestión de la producción. Por ello, el autor cree que la gente de cualquier país, que valore lo razonable, puede comprender este sistema sin o ninguna dificultad. El problema del autor al escribir este libro ha sido, sin embargo, esquematizar los métodos de producción de Toyota.

Como ha mencionado Mr. Taiichi Ohno en el prólogo de este libro, el sistema Toyota de producción “presenta como rasgo fundamental el énfasis en los efectos prácticos, en el ejercicio real y en la puesta en acción mas que en el análisis teórico’’. Los libros existentes sobre los métodos de fabricación de Toyota han sido escritos, todos ellos, por prácticos del sistema; todos

contienen descripciones provechosas de aspectos singularizados de los métodos de Toyota y mi propio libro resulta parcialmente deudor de ellos. A mi juicio, sin embargo, no incorporan los métodos en una visión de conjunto ni los presentan de modo teórico y sistematizado. Ciertamente, a la base de los métodos de fabricación de Toyota hay un sistema que los dota de unidad desde luego, pueden demostrarse los beneficios de dichos métodos; pero resulta muy difícil explicarlos sistemática y teóricamente.

Mr. Ohno señala asimismo en su prólogo: "Estamos muy interesados en el modo como el Profesor Monden ha teorizado nuestra práctica desde su punto de vista académico y la ha explicado a gente de otro país. "Así, pues, la misión principal de este libro es desarrollar como "teoría" las "practicas" de los métodos de fabricación de Toyota.

¿Qué es una teoría o una teorización? Se trata de un proceso de construcción de un modelo ideal acerca de un objeto real, empírico, utilizando los procedimientos siguientes:

- Abstrayendo del mundo empírico los factores básicos que parecen más relevantes para el objetivo investigado.

- Conectando en una armazón lógica los factores seleccionados.

Nuestro objetivo de investigación es construir un modelo aplicable en la práctica; es decir, que pueda utilizarse por cada empresa para preparar y llevar a cabo el sistema de gestión de la producción. Además, como el sistema Toyota de producción es un tipo de sistema que transforma diversos factores o inputs en los correspondientes resultados, este mecanismo de transformación y por tanto la estructura de relaciones entre fines y medios puede describirse en el presente libro como una "teoría".

Como este proceso de teorización me parecía una tarea creativa, me he acercado a él no como mero comentarista, sino como un "novelista", con la cooperación de mucha gente del grupo Toyota. He visitado en múltiples ocasiones no sólo Toyota Motor Company, sino también diversas compañías del grupo Toyota. Observando sus fábricas y entrevistado a los directores de fábrica y a los departamentos staff de control de producción. Por otra parte, las experiencias que tuve 1981 visitando las fábricas de General Motors Corporation y de Ford Motor Company

me resultaron muy provechosas para comprender la singularidad de los sistemas japoneses de producción.

Como resultado de estos esfuerzos, se ha construido, como muestra el Capítulo 1, Fig. 1 .1 el modelo más simple del sistema Toyota de producción. Aunque este modelo excluye relaciones detalladas, describe el contorno general de las relaciones entre los diversos subsistemas del sistema total. La estructura interna de cada subsistema y sus relaciones con los demás subsistemas diferentes se explican detalladamente en cada capítulo. El análisis teórico para determinar el número de Kanban (descrito en el Apéndice 1) es por lo demás aportación original mía. En este Apéndice 1 he probado lo razonable de las "reglas de experiencia" para el cálculo del número total de Kanban mediante la aplicación de dos modelos alternativos de control de existencias: el sistema de orden y cantidad constantes y el sistema de orden y ciclo constantes.

No obstante, el modelo del sistema Toyota de producción es únicamente mi modelo y no coincidirá necesariamente con los métodos reales de fabricación existentes en Toyota. Hay para ello dos razones:
La primera, que existen muchas variaciones en los métodos Toyota de producción entre las diversas fábricas de Toyota así como entre las numerosas compañías colaboradoras del grupo Toyota. En segundo lugar que el sistema Toyota de producción mismo está evolucionando continuamente y perfeccionándose día a día como respuesta a la competencia. Corno se ha sugerido en este libro, el desarrollo presente y futuro del sistema Toyota de producción habrá de adaptarse al rápido incremento de la automatización de las fábricas mediante FMS, robótica y CAD/CAM. La información a recibir de los lectores ayudará a corregir algunos de los errores que pueda contener esta edición.

También he tenido en cuenta en el libro la crítica al sistema Toyota; he considerado especialmente la crítica formulada por el partido comunista japonés y por la Comisión para la Lealtad en el Comercio y su comprobación de si puede existir en el sistema algún defecto. Incluso se ha aplicado parcialmente una perspectiva de "posibilidad teórica" en varios capítulos relativos a asuntos como el problema de la distancia geográfica entre los proveedores y el fabricante principal. Los tipos de industrias, la diferencia en las relaciones laborales y en los métodos de remuneración salarial y los problemas de capacidad financiera para invertir en máquinas generales y en sistemas de control autónomo de defectos. Estas consideraciones críticas y la perspectiva de considerar varias posibilidades no son, sin embargo, objeto principal

de esta edición, y serán tenidas más en cuenta en edición sucesivas. Quedan asimismo algunos aspectos del sistema por discutir. Se incluirán también en sucesivas ediciones.

Consideremos ahora los problemas de productividad entre países diferentes. La potencia competitiva de los automóviles japoneses radica en su bajo coste y alta calidad, que han sido aceptados por los compradores americanos, lo que ha originado serios problemas económicos y políticos entre los dos países. La situación presente entre ambos países, recuerda mucho a la anterior a la 1ª. Guerra Mundial. Es tiempo de que ambos, Japón y Estados Unidos, mantengan la calma y no den rienda suelta a sus emociones.

Querría yo, en esta ocasión, asegurar a los amigos americanos que el éxito actual de los japoneses ha sido conseguido gracias a esfuerzos continuos' de "ayuda propia". Uno de los principales propósitos de este libro es el de mostrar la evidencia de que los japoneses se han esforzado, con la mayor seriedad y por si mismos, en aumentar la productividad y mejorar la calidad. Esta evidencia puede ser sólo una muestra pero, considerando el gran peso de la industria del automóvil en Japón y en los Estados Unidos, tiene un significado importante.

Si los americanos evitaran, conscientemente, reconocer los verdaderos problemas que están a la base de la situación presente de sus industrias y se encaminaran a una política de proteccionismo, no obtendrían de ello ninguna ventaja a largo plazo, porque no reanimarían la fuerza vital de sus industrias. Unas restricciones importantes posibilitarían a las empresas americanas para perpetuar métodos ineficientes de producción y elevar los precios, en perjuicio por tanto de los consumidores americanos. El proteccionismo de los Estados Unidos haría disminuir además la influencia exterior americana y perjudicaría la política de defensa, por las reacciones en contra a través del mundo.

Por el contrario, observando el sistema de libre mercado (y aceptando los cambios extranjeros corno incentivos aprovechables) las industrias americanas podrían mejorar su productividad y promover mayor innovación en las nuevas tecnologías. El pueblo americano, que respeta la libertad, la amistad y el decoro, no recurrirá a criticar a otra nación por defenderse a si misma. Esperando el renacimiento de la vitalidad americana, el autor ha escrito este libro para apoyar y animar a los movimientos de mejora de productividad en los Estados Unidos y en muchos otros países.

El estudio de este libro será el primer paso para introducir en cada empresa el sistema Toyota de producción. Con tal propósito, este libro debería ser leído no sólo por ingenieros industriales sino por personas de todo los niveles de la compañía. Una aplicación así de un sistema integrado de producción como el de Toyota, llevará consigo la total revolución del sistema presente, lo que requiere comprensión y decisiones estratégicas de la alta dirección. Por otra parte, el sistema Toyota de producción descansa sobre el cimiento básico de la mejora del trabajo de los operarios individuales de la fábrica, por lo que el libro se lee con ilusión como texto pura las reuniones de Círculos de Calidad (QC), etc. En Toyota, el manual de introducción de los métodos Toyota de fabricación se entrega a todos los trabajadores para su completa comprensión de los métodos.

Este libro presenta, además, ventajas para las compañías japonesas. Sin la prosperidad de los Estados Unidos y de muchos otros países Japón no tendría dónde vender sus productos. Si nosotros los japoneses pudiéramos prestar alguna ayuda para el resurgir de la economía mundial, aseguraríamos nuestra propia supervivencia.

Para que las Compañías japonesas (incluyendo la industria del automóvil) sobrevivan a largo plazo en el mercado mundial, habremos de cooperar con las empresas extranjeras, de modo que las Compañías japonesas puedan fabricar productos en países extranjeros conjuntamente con las Compañías de esos países. Las empresas japonesas deben ir por su cuenta además, a países extranjeros, a fabricar productos con trabajadores y directivos extranjeros. En definitiva, el sistema de producción descrito en este libro debe utilizarse por Compañías colaboradoras y gente del extranjero. Para que las tecnologías japonesas adelanten en el futuro, habremos de reconocer que: "permanecer siempre no corresponde a la condición humana y no debemos ensoberbecernos por la buena fortuna".

En conclusión, aunque diferentes por la raza y por la nacionalidad, todos somos hijos de la madre tierra. Al animar a cada uno de los demás a perfeccionar sus propias capacidades, la gente de todos los países puede al mismo tiempo sobrevivir y prosperar.

Yasuhiro Monden
Tsukuba, Japón.

Agradecimiento

Deseo agradecer a las muchas personas que han contribuido en gran medida a la investigación de este libro formando parte de uno de estos dos grupos: los que han contribuido al contenido del libro y aquéllos que me han ofrecido la oportunidad de investigar.

Muchos hombres de negocios de Toyota, con los que me he relacionado han aceptado ayudarme en este estudio empírico, incluso cuando significaba ocupar parte de su tiempo. Sin su cooperación entusiasta, no hubiera podido tener éxito esta investigación.

De entre todos, manifiesto mi sincero agradecimiento a Mr. Taiichi Ohno, ex- vicepresidente de Toyota Motor Corporation y descubridor inicial del sistema Toyota de producción, que me dio la oportunidad de estudiar y escribir libremente sobre el sistema, además de aprender las numerosas sutilezas de dicho sistema. Me gustaría dar las gracias a mucha gente del Departamento de Control de la Producción de Toyota: Fujio Cho, Atshusi Masuyama, Mitsutoshi Sato. Hirosuke Terada y Shigenori Kotani. Mi agradecimiento también a Kozo Matsugana, de la fabrica Honsha y a Zenzaburo Katayama, del Departamento de Calidad Asegurada de Toyota. Especialmente quiero agradecer a los autores de dos artículos su permiso para incluirlos en este libro como apéndices IV y V: Y. Sugimori, K. Kusunuki, S. Ucltjkama y O. Kimura.

La cooperación de Yasushi Tsuboi, Michikazu Tanaka. Yoshiteru Noboru, Masa-aki Yutani y Teruhiko Yoshioka, de la Daihatsu Motor Co.Ltd., asociada con Toyota, fue muy provechosa. Mi investigación sobre los sistemas de proveedores debe mucho a numerosas personas de Aishin Seik Co.Ltd . Mitsukane Masushita, Katsuetsu Tsukada, Tasuka Aryama, Akira Takada, Junichi Okamoto y Mitsunike Kamiya. Por lo que se refiere al sistema de ordenador para las fichas Kanban de Aishin Seiki, doy las gracias a Tsutocno Kawakatsu , Shuhei Fujii y Mns:itake Goto. Agradezco también a las personas de Nippon cupon Denso Co.Licl .por haberme mostrado sus técnicas FMS y QC : Katsuo Aoki, Akio 1 to y Masavuki Hainorc. Me han prestado también gran ayuda Yosliiki 1 wata. De Toyota Gosei Co.Ltd., Hideto Okajima, de Toyota Auto Body Co.Ltcl. y Toslntatsn lwasaki, Takamasa ‘oslnda, ltsumishu Shibata y lliroshi Suzuki, de Toyota Automatic L.oom Works, Ltd.

Querría después señalar cómo se ha publicado el libro en los Estados Unidos. Durante el curso académico 1980-81 fui Profesor Visitante Asociado de Contabilidad en la Universidad del Estado de Nueva York, en Búffalo (State University of New York, SUNY). Durante mi estancia en SUNY publiqué cuatro artículos en Industrial Engineering (números de enero, mayo, agosto y septiembre de 1981). El primero de esos artículos, titulado "¿Qué hace realmente especial el sistema Toyota de producción?" atrajo una atención considerable y en consecuencia fui invitado a hablar sobre el sistema Toyota en diez reuniones profesionales a través del país. Estoy muy agradecido a numerosos ingenieros industriales, ejecutivos y profesores americanos, que encontré en esas reuniones, por haberme ilustrado sobre los diversos problemas que habrían de resolverse en Estados Unidos a este respecto si los sistemas japoneses se introdujeran en las industrias de los Estados Unidos. Cito continuación una lista de algunas personas de esta reunión: 1) Nornan Ibidek, editor de la revista Productivity Dennis Butt, director de fabrica en Kawasaki Motors Corp. USA y de modo corriente Director General de A. Timpte Industries Company y el Profesor Robert W. Hall, de la universidad de Indiana, en el Seminario rio de Productividad sostenido por Productivity Inc., 23 de febrero de 1981, Chicago. 2) Mike Kasprzyk y Thomas R. Evans, en la Chevrolet Motor Division de la General Motors Corporation, fabrica de Búffalo, 24 de febrero de 1981.3) Joli Arai en un Seminario de un día sostenido por la Oficina norteamericana del Japan Productivity Center y la Society of Manufactoring Engineers, Rochester Cahpter, 16, 2 de marzo de 1981, Rochester. New York. 4)1os Profesores Robert W. Hall. de la Universidad de Indiana y H.L. Verma de la Universidad del Estado de Wayne en el American Institute for Decisions Sciences, Midwest Chapter, 16 de abril de 1981, Detroit. 5) El Profesor Vernon M. Buehler, en el Sexto Seminario Anual de Productividad llevado a cabo por la Universidad del Estado de Utah. 6) El Profesor John A. Whité. del Georgia Institute of Technology y Presidente electo de IIE en el Primer Foro Ejecutivo de la Industria Electrónica patrocinado por la Material Managenent Foundation y coordinado por Texas Instruments Inc.. 3-6 de mayo de 1981, Dallas. 7) El Dr. David L. Belden y Jim F. Wolhrink en la Conferencia Anual de Primavera de 1981 del Institute of Industrial Engineers, 17-20 de mayo de 1981, Detroit. 8) Irvin Otis, director de ingeniería de la American Motors Corp. y Vicepresidente de IIE: A. Nl. Paiva, director del departamento de ingenieria de Ford y Mr. Shuhz, de la Autornotive Assernbly Division de Ford Motor Company, 20 de mayo de 1981, Dearborn Michigan. 9) El Profesor C. Carl Pegels en la Afíliate Key Executive Session sostenida por la escuela de SUNY, Bufalo:, 22 de junio de 1981. 10) El Profesor Takato Michi en el Sumer Institute of Japanese Language, Culture and Thought en SUNY. Búffalo, 24 de julio de 1981.

Deseo además expresar mi gratitud a Mary Ann Sadlo, Mark Renne y K .S. Ravindran, de SUNNY/Buffalo por sus valiosos comentarios al revisar los manuscritos originales de este libro. También mi aprecio sincero a los Profesores Kazuo Mizogouchi y Tetsuo Kobayashi de la Universidad de Kohe, por sus valiosos comentarios en el Seminario de Kohe, Japón. El Profesor Tatsuo Ohara ha asentado asimismo comentarios y materiales del sistema Toyota.

Querría también agradecer a los que me han ofrecido oportunidades de investigación. Tres Profesores de la Escuela de Gestión empresarial de SUNNY, l3úffalo:
Ronald J. Huefnei - Presidente del Departamento de Análisis de Operaciones los Josheph A. Alutto. Decano: y Stephen C. Dunnelt, Director del lntensive English Languaje Institute; Mr. Joji Arai, directivo de la Oficina en Estados Unidos del Japan Productivity Center y el Dr. David L. Belden, Director ejecutivo del Instituto Industrial Enginers. De todos ellos, el Dr. Huefner es particularmente apreciado por haber organizado mi estancia como Profesor Visitante en SUNY, Búffalo.

Estoy además muy agradecido a mis colegas, al personal y a los estudiantes de SUNY por su cordial aceptación y apoyo durante mi estancia: Lawrence D. Brown. Robert Chatov, Sanford C. Gunn, Robert Hagerman, Susan Hamlen, Frank C. Jen, Francis Kearns, John Lee, Wendy Lin, C. Carl Pegels, Charles Trzinka. Edward Wallece. Stanley Zionts y Mark E. Zmijewski. Fran Kearns ayudó en gran medida, como vecino nuestro, a la vida cotidiana de mi familia. Agradezco a mi secretaria Janet C. Ansell por haber mecanografiado algunos manuscritos y organizado mis viajes a las conferencias comprometidas y particularmente el tiempo empleado en mejorar la vida americana de mi familia. Gracias a la familia Kearns y a Jan Ansell, la transición de Japón a Estados Unidos fue fácil para mi familia. Mis ayudantes Kumaraswamy S. Ravindran y Sreenivas Kamma mis alumnos Gary Damon y Kevin Buhse y mis amigos Hans Sprohge, Toshio Matsutaini y el Profesor Ki Myung Kim, de la Universidad de Inha, en Corea, me han animado de modo especial.

Quiero además agradecer a los Profesores Rintaro Muramatsu, de la Universidad de Waseda en Japón en Hidetoshi Kawai, de la Universidad de Aichi, en Japón, que me hayan animado a escribir sobre el sistema Toyota. Mi reconocimiento también para el ex-Decano Dr. Hideyo Ichihashi y el Dr. Sadao Wada y todos mis colegas de la universidad de la Prefectura de Oasaka, en Japón, que me han concedido licencia sabática. Algunos de los materiales sobre el sistema Toyota han sido recogidos por el Profesor Yutaka Kato, Mr. Noboru lzeki y Masatoshi Yamashita,

de Nibkan Kogyo Shinbun Co.Ltd. La señorita Takako Yamamuchi y la señora Michie Kaneme han pasado a maquina de modo cuidadoso algunos de los originales de este libro.

También manifiesto mi gratitud a la gente del Institute of Industrial Engineers:
Alan Novak. John C. DeVore, Shirley Kii, Greg Balestrero y Janet Folk, que han editado y revisado los manuscritos originales. Greg Balestrero revisó los borradores y realizó valiosas contribuciones para hacer este libro legible y comprensible. Sus revisiones fueron especialmente laboriosas por la diferencia de mentalidades entre japoneses y americanos, la gran distancia que nos separa y el desarrollo capitulo por capitulo del original. Ciertamente, ha desempeñado un papel crítico en la transferencia de tecnología entre ambos países.

Finalmente, permitidme que manifieste mi reconocimiento postrero a mi padre, Masanori Monden, que me animaba cuando yo era joven diciéndome "¡Vive ocupándote de los demás!" y "El trabajo es mas importante que los resultados". Estoy en deuda con el padre de mi esposa, Shintaro Kitakase. Y agradezco mucho a mis hijos, Akito, Yasuto y Hanako. La deuda mayor es con mi esposa Kimiko, por su cooperación constante para terminar este libro.

CAPÍTULO 1

Estructura Global del Sistema Toyota de Producción.

Relación entre sus fines y sus medios.

El sistema Toyota de producción, desarrollado y promovido por Toyota Motor Corporation, ha sido adoptado, tras la crisis petrolífera de 1973, por numerosas compañías japonesas. Aunque su principal propósito es la reducción de costes, el sistema ayuda además a mejorar el ratio de rotación del capital (cifra total de ventas sobre total de activos) y a incrementar la productividad global de la empresa.

El sistema Toyota de producción resulta ventajoso incluso en períodos de bajo crecimiento, reduciendo los costes al eliminar totalmente el personal y las existencias innecesarios. No resultaría probablemente exagerado afirmar que se trata de un nuevo sistema revolucionario de gestión de la producción, tras los sistemas de Taylor (gestión científica) y de Ford (cadena de montaje en serie). El presente capítulo examina sus fundamentos básicos, el proceso de fabrición y, de modo especial, las áreas que presentan innovaciones japonesas.

Se analiza además la organización del sistema en su conjunto, poniendo en conexión su filosofía y finalidades básicas con los métodos y procedimientos utilizados para su logro.

IDEAS BÁSICAS Y ORGANIZACIÓN.

El sistema es un método racional de fabricación, que elimina por completo los elementos innecesarios a fin de reducir los costes. Su idea básica radica en la obtención del tipo requerido de unidades en el tiempo y en la cantidad que asimismo se requieran. La puesta en práctica de esta idea consigue eliminar las existencias innecesarias de productos en curso de fabricación y de productos terminados.

Pero, aunque el fin principal del sistema es la reducción de costes, permite además conseguir otros tres subobjetivos orientados al logro del objetivo principal:

1.- Control cuantitativo, al permitir la adaptación, en cantidad y en variedad, a las fluctuaciones diarias y mensuales de la demanda.

2.- Calidad asegurada, al tenerse, la certeza de que cada proceso únicamente proporcionará al proceso siguiente unidades aceptables.

3.- Respeto por la dimensión humana, en cuanto el sistema utiliza recursos humanos para alcanzar sus objetivos de costes.

Debe subrayarse que estos tres subobjetivos no pueden existir ni conseguirse de forma independiente, sino que cada uno de ellos incide en los demás y en el objetivo primario de la reducción de costes. Es un rasgo especifico del sistema Toyota que su finalidad básica no puede conseguirse sin alcanzar a su vez los subobjetivos y a la inversa; todos los objetivos son "outputs" del mismo sistema: con la productividad como último propósito y línea maestra, el sistema se orienta a conseguir cada uno de los fines para los que se ha diseñado.

Antes de contemplar en detalle el contenido del sistema Toyota, se ofrece una visión de conjunto del mismo (Fig. 1 .1), en que se aprecian tanto sus "outputs" o resultados (costes, calidad y dimensión humana como sus "inputs" o elementos constitutivos.

Mediante la puesta en práctica de dos conceptos clave — "Just-intime" y autocontrol — se logra un flujo continuo de producción adaptado a las variaciones, en cantidad y en variedad, de la demanda. Ambos conceptos son los pilares básicos del sistema Toyota de producción. "Just-in-time" (JiT) significa ante todo producir las unidades necesarias en la cantidad asimismo necesaria y en el tiempo preciso. Autocontrol ("Jidoka" en japonés) debe interpretarse como auto- control de los defectos y sirve de soporte al concepto de producción en el momento oportuno, al impedir la entrada en el flujo, como resultado de cada proceso, de unidades defectuosas que perturbarían el proceso siguiente (Fig. 1 .1).

El sistema incluye otros dos conceptos clave: Flexibilidad en el trabajo (en japonés Shojinka") que supone la variación del número de trabajadores en función de la variaciones de la demanda y Pensamiento creativo o ideas innovadoras ("Soifuku") mediante el aprovechamiento de las sugerencias del personal.

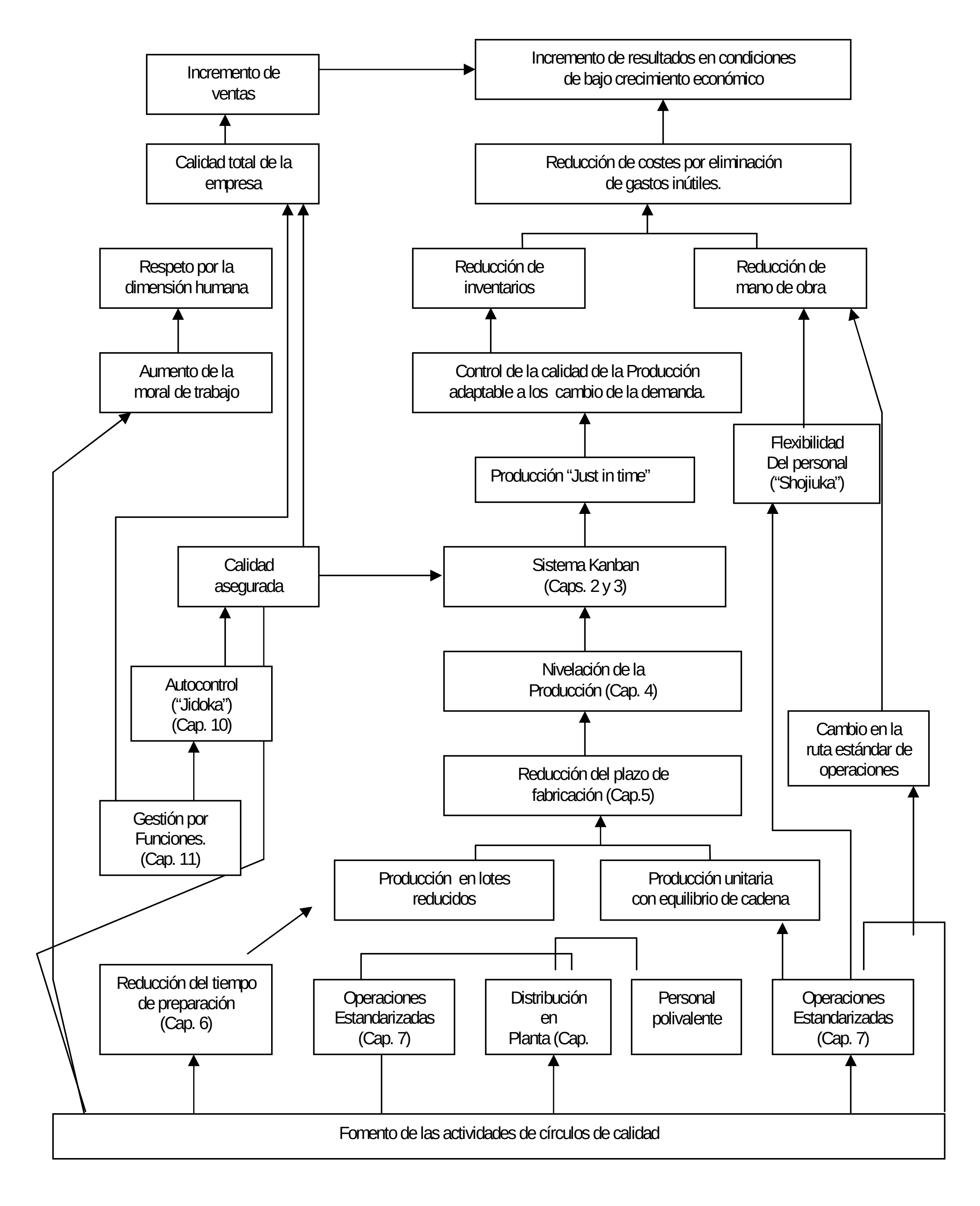


Fig. 1.1. - Mejora de costes, cantidad, calidad y dimensión humana mediante el sistema Toyota de producción

Para hacer realidad estos cuatro conceptos, Toyota ha establecido los sistemas y métodos siguientes:

1 - Sistema Kanban para conseguir la producción Just in time. (Capítulos 2 y 3)

2. - Método de nivelación de la producción para adaptarse a las modificaciones de la demanda. (Capitulo 4)

3. - Reducción del tiempo de preparación pare disminuir a su vez el plazo de fabricación. (Capitulo 6)

4. - Estandarización de operaciones para conseguir el equilibrado de la cadena. (Capitulo 7)

5. - Disposición de la maquinaria (distribución en planta) y polivalencia del personal según el concepto de flexibilidad del trabajo. (Capitulo 8)

8. - Fomento de las actividades en grupos reducidos y del sistema de sugerencias para reducir la mano de obra y elevar la moral de los trabajadores (actividad de los Círculos de calidad)

7. - Sistema de control visual para la puesta en practica del concepto de autocontrol. (Capitulo 10)

8.- Sistema de “gestión por funciones” para promover la Calidad Total en la compañía, etc. (Capitulo 11)

PRODUCCIÓN JUST IN TIME

Con estas palabras se expresa la idea de producir las unidades necesarias en la cantidad y en el tiempo precisos, lo cual significa por ejemplo que, en el proceso de montaje de piezas para la fabricación de un automóvil, los tipos necesarios de elementos a ensamblar llegaran a la cadena de montaje, como resultado de procesos anteriores, en el tiempo y en la cantidad adecuados. Si esto se consigue en el conjunto de la empresa, se eliminaran totalmente las existencias innecesarias, no requiriéndose almacenes excesivos, reduciéndose además los costos de transporte y mejorando el ratio de rotación del capital.

Sin embargo, en la fabricación de un producto que, como un automóvil, se compone de millares de elementos, resultaría muy difícil la puesta en práctica del concepto partiendo únicamente de una planificación centralizada que instrumentara de modo simultaneo los

programas de fabricación para todo el conjunto. Por ello, en el sistema Toyota ha parecido necesario considerar el flujo de producción en el sentido inverso; en otras palabras: el personal que interviene en un proceso dado habrá de acudir al proceso anterior para recoger las unidades necesarias en la cantidad y en el momento adecuado, en tanto que dicho proceso anterior producirá solo unidades en cantidad suficiente pare reemplazar a las que haya entregado.

El tipo y la cantidad de las unidades necesarias se anotan en una ficha denominada Kanban, que se envía desde el proceso posterior al personal del anterior, de modo que en cada planta de fabricación se conectan entre sí numerosos procesos, lo que permite mejorar el control de las cantidades necesarias de los diferentes productos.

El sistema Kanban se apoya, en el marco del esquema Toyota de producción, en los elementos siguientes:

- Nivelado de la producción.
- Reducción del tiempo de preparación.
- Distribución en planta de la maquinaria.
- Estandarización de tareas.
- Mejora de métodos.
- Autocontrol.

EL SISTEMA KANBAN

Resulta incorrecto denominar sistema Kanban, como muchos hacen, al sistema Toyota de producción. El sistema Toyota e un procedimiento utilizado en la fabricación de productos, en tanto que el Kanban se orienta al método de gestión de la producción “Just in time”.

En síntesis; el Kanban es un sistema de información para controlar de modo armónico las cantidades producidas en cada proceso. El método de producción “Just in time” resultará difícil de poner en, práctica si, además del Kanban, no se verifican de modo perfecto otros requisitos previos como diseño del proceso, estandarización de tareas, ajuste de la producción, etc.

Un Kanban es, usualmente, una ficha introducida en una funda rectangular de plástico. Se utilizan por lo común dos tipos: Kanban de transporte y Kanban de orden de producción. Un Kanban de transporte indica la cantidad de unidades a recoger por el proceso subsiguiente, en

tanto que un Kanban de producción señala la cantidad a producir en el proceso anterior. Estas fichas circulan entre las fábricas de Toyota, entre Toyota y sus compañías colaboradoras y entre las fábricas de estas últimas, de modo que contribuyen a la información sobre las cantidades a emplear y a producir, en el marco del método de producción “Just in time”.

Supongamos que estamos fabricando los productos A, B y C en una cadena de montaje y que los elementos necesarios para ello son a y b, producidos por la línea de máquinas precedentes (Fig. 1 .2). Los elementos a y b producidos se almacenan al final de su línea de producción y a ellos se adhieren las correspondientes fichas Kanban de producción.

El encargado de los transportes a la cadena de montaje se dirige a la línea de máquinas para recoger, con su Kanban de transporte los, elementos necesarios; toma del almacén tantas cajas de piezas o elementos como indique su Kanban de transporte despegando de ellas las órdenes de producción que llevaban adheridas y transportándolas hasta la cadena de montaje.

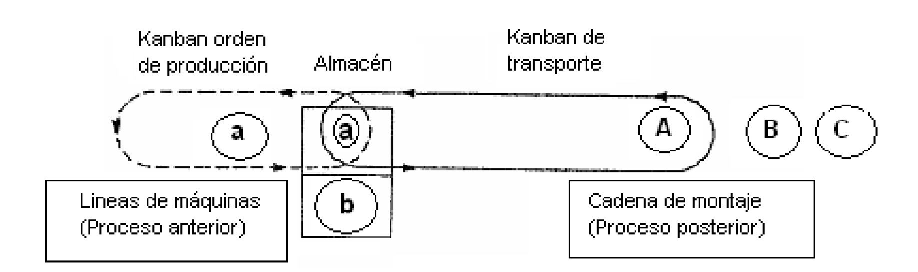


Fig. 1.2. -.El flujo de los dos Kankan

Las órdenes Kanban de producción que quedan en el almacén señalan el número de unidades recogidas, suministrando esta información a la línea de máquinas, que fabricará nuevas piezas o elementos, a y b. en las mismas cantidades señaladas.

AJUSTE DE LA PRODUCCIÓN

Consideremos ahora el ajuste de la producción mediante el Kanban. Supongamos que un proceso de fabricación de motores debe producir 100 motores al día y que el proceso siguiente retira, mediante Kanban de transporte, 20 lotes diarios de 5 motores cada uno, lo que corresponde exactamente a los 100 motores producidos diariamente.

Siguiendo un plan de producción como éste, si resulta necesario disminuir en un 10 % todos los procesos mediante un ajuste del programa de fabricación, el proceso final, en este ejemplo, retirará pedidos de motores 18 veces al día. Por tanto, como se producirán sólo 90 unidades dirías, las horas correspondientes a las otras 10 unidades se restarán deteniendo este proceso. Si, por el contrario, se necesitara incrementar en un 10 % las cantidades a producir, los pedidos de motores mediante Kanban, por parte del proceso final, habrían de efectuarse 22 veces al día, de modo que el proceso anterior habría de producir 110 unidades, consiguiéndose esto mediante horas extraordinarias adicionales.

Aunque el sistema Toyota de producción se basa en la filosofía de que las unidades deben producirse sin ninguna holgura o empleo innecesario de recursos humanos, maquinaria o materiales, existe el riesgo de variaciones en las necesidades de fabricación, riesgo cuyo manejo se realiza mediante utilización de tiempo suplementario y mejora de los métodos de trabajo de cada proceso.

NIVELADO DE LA PRODUCCIÓN

El nivelado de las variaciones en la producción es la condición principal exigida por la fabricación según el sistema Kanban, para hacer mínimas las ineficiencias de personal, equipos y trabajo en curso; se trata de la piedra angular del sistema Toyota de producción.

Tal como se ha descrito, un proceso recoge del anterior los bienes necesarios, en la cantidad y en el momento precisos; según esta regla de producción, si el proceso posterior recogiera del anterior piezas o elementos de modo variable en el tiempo o en la cantidad, el proceso anterior se vería obligado a disponer de materiales, equipo y mano de obra en la cantidad necesaria para hacer frente al nivel máximo posible de la variación. Por otro lado, como existen múltiples procesos secuénciales, la variación de las cantidades recogidas por cada proceso puede repercutir de modo muy amplio en el proceso anterior. Para prevenir tan importantes variaciones en todas las líneas de producción, incluyendo las compañías subcontratadas, es preciso esforzarse en minimizar las fluctuaciones de la producción en la cadena de montaje final. Por ello, la cadena de montaje de los vehículos terminados, como proceso final de la fábrica Toyota, transportará cada tipo de automóvil en un lote de tamaño mínimo, realizando el ideal de producción unitaria transporte. La cadena recibirá por lo demás, del proceso anterior, los elementos necesarios, en lotes de pequeño tamaño.

En síntesis, el nivelado de la producción minimiza las variaciones en la cantidad de cada elemento en cada uno de los subconjuntos ensamblados, de modo que cada pieza pueda montarse a ritmo constante o en cantidades fijas por horas. El siguiente ejemplo puede ser ilustrativo: supongamos que una línea, trabajando al mes 20 jornadas de 5 horas, debe producir 10.000 automóviles del modelo Corona, de los que 5.000 serian tipo sedán. 2.500 coches de capota y 2.500 furgones. Dividiendo por los 20 días de trabajo, resultan al día 250 coches tipo sedan, 125 de capota y 125 furgones; este es el nivelado de la producción, en el sentido de promedio diario para cada tipo coche.

Durante una jornada de trabajo de 8 horas (480 minutos) deberán producirse en total 500 unidades. Por tanto, el ciclo de fabricación unitario o promedio de tiempo requerido para producir un vehículo de cualquier tipo es de 0,96 minutos (480/500) o, aproximadamente, 57,5 segundos.

La combinación apropiada o secuencia de producción puede determinarse comparando el actual ciclo de fabricación de un vehículo de cualquier tipo con el tiempo máximo permitido para fabricar un modelo específico de Corona. Por ejemplo, el tiempo máximo para fabricar un Corona sedan se determinará dividiendo la jornada (480 minutos) por el número de sedanes a producir en ella (250): en este caso, el tiempo máximo resultará ser de 1 minuto 55 segundos, lo que significa que habrá de fabricarse un sedan cada 1 minuto 55 segundos.

Comparando este intervalo de tiempo con el ciclo de 57,5 segundos, resulta claro que deberá fabricarse otro coche de cualquier tipo en el tiempo que media entre la fabricación de dos sedanes.

Así, la secuencia básica será sedán, otro coche, sedán, otro coche, etc. El tiempo máximo para fabricar un furgón o un coche de capota es de 3 minutos 50 segundos (480/1 25). Comparando esta cifra con el ciclo de tiempo de 57,5 segundos, resulta obvio que pueden fabricarse tres coches de otro tipo entre cada dos furgones o coches de capota. Si en la producción al primer sedan le sigue un furgón, la secuencia deberá ser: sedán, furgón, sedán, coche de capota, sedán, furgón, sedán, coche de capeta, etc. Se trata de un ejemplo de nivelado de la fabricación en cuanto a variedades del producto.

Considerando la actual fabricación de máquinas o equipos, se plantea un conflicto entre la variedad de productos y el nivelado de la producción. Si no se fabrica una variedad grande de modelos, un equipamiento de uso específico para producir series amplias es un instrumento

valioso para la reducción de costes. En Toyota, sin embargo, hay varios tipos de coches diferenciados entre sí según combinaciones de modelos, tipo de neumáticos, elementos opcionales, colores, etc. De hecho se vienen fabricando, por ejemplo, 3 o 4 tipos de Coronas. Para promover el nivelado de la fabricación correspondiente a tal variedad de productos, resultan necesarias maquinas universales o máquinas flexibles. Acoplando en ellas un número mínimo de instrumentos y herramientas, Toyota ha diseñado los procesos para acomodarse a la utilización general de la maquinaria.

Una ventaja del nivelado de la producción según el criterio de la variedad de productos radica en la posibilidad de adaptación a las variaciones de la demanda, cambiando de modo gradual la frecuencia de los lotes sin alterar su tamaño en cada proceso o ajustando la producción mediante Kanban. Para conseguir el nivelado de la producción será necesario reducir el plazo de fabricación de tos diversos tipos de productos, lo que requerirá a su vez acortar el tiempo de preparación para minimizar el tamaño del lote.

PROBLEMAS DE PREPARACIÓN

La mayor dificultad para promover el nivelado de la producción viene constituida por los problemas de preparación de máquinas. En un proceso de estampación, por ejemplo, por sentido común la reducción de costes puede obtenerse mediante el empleo de un solo tipo de troquel en una máquina de modo que el lote de utilización sea de tamaño máximo y se reduzcan los costes de preparación. Sin embargo, en el caso de que el proceso final haya nivelado su producción y reducido las existencias en curso entre las prensas y la consecutiva línea de carrozado, el proceso precedente (sección de estampación) deberá llevar a cabo frecuentes y rápidas preparaciones de máquina, lo que significa cambiar los tipos de troquel para una amplia variedad de productos, que serán retirados con cierta frecuencia por el proceso posterior.

En Toyota, el tiempo de preparación de la sección de estampación era de aproximadamente 2 o 3 horas entre 1945 y 1954; se redujo a 1/4 de hora en los años 1955-1964 y ha caído, desde 1970, a sólo 3 minutos.

Para reducir el tiempo de preparación, resulta importante preparar con anterioridad los dispositivos auxiliares, el troquel y los materiales a utilizar así corno retirar el troquel y los

dispositivos anteriores después de la colocación de los nuevos y poner en marcha la maquinaria. Esta fase de preparación se denomina preparación máquina en marcha.

El trabajador debe concentrarse en las acciones necesarias durante el período en que la máquina se encuentra parada, fase que se denomina de preparación máquina parada. Lo más importante será convertir, en cuanto resulte posible, la preparación maquina parada en preparación en maquina en marcha.

DISEÑO DE PROCESOS

Consideremos el diseño de los procesos de distribución en planta de fabricación. Anteriormente, en una fábrica, cada uno de los grupos de tornos, fresadoras y perforadoras se encontraba ordenados por secciones y cada maquina era manejada por un trabajador, por ejemplo cada tornero manejaba un solo torno. De acuerdo con el sistema Toyota de producción, la disposición de las maquinas deberán modificarse, adaptándose al flujo nivelado de producción. En consecuencia cada trabajador manejaría tres tipos de máquinas; por ejemplo, un trabajador podría manejar a la vez un torno, una fresadora y una taladradora. El sistema se denomina multiproceso. En otras palabras, el trabajador especializado, concepto que prevalecía anteriormente en las fábricas Toyota, se ha convertido en un trabajador polivalente.

En una línea multiproceso un trabajador maneja varias máquinas en procesos diversos y el trabajo en cada uno de estos procesos continuará sólo cuando el trabajador haya completado las operaciones de un ciclo. Como resultado, la entrada de cada unidad en la línea se ve compensada por la terminación de otra unidad del producto. Este tipo de producción recibe el nombre de producción y transporte pieza a pieza. La reorganización lleva consigo las siguientes ventajas:

- Posibilidad de eliminar entre cada proceso las existencias innecesarias.
- El concepto de trabajador polivalente permite disminuir el número de trabajadores necesarios y, por lo mismo, incrementar la productividad.
- Al convertirse en polivalentes, los trabajadores pueden participar en el sistema total de la fábrica y percibir así mejor el sentido de sus propias tareas.
- Ello permite asimismo al trabajador integrarse en un equipo, en el que se hace posible la ayuda de unos a otros.

El concepto de trabajador polivalente o multifuncional constituye un rasgo característico en Japón. En las compañías americanas y europeas existen organizaciones sindicales y reglamentaciones que condicionan el trabajo especializado por oficios o categorías: un tornero, por ejemplo, maneja únicamente un torno y no trabajará usualmente en otro tipo de máquina: en Japón, en cambio, no existen este tipo de limitaciones lo que facilita mucho la movilidad en el trabajo y la polivalencia. Desde luego, esta diferencia puede suponer uno de los mayores obstáculos para las compañías americanas y europeas que deseen adoptar el sistema Toyota de producción.

ESTANDARIZACIÓN DE TAREAS

La operación estándar en Toyota es algo diferente de la usual, en cuanto muestra la rutina secuencial de varias operaciones llevadas a cabo por un trabajador que maneja de modo polivalente varios tipos de máquinas.

La estandarización presenta dos tipos de hojas de normas: la hoja de ruta estándar de operaciones, que aparece como ficha hombre-maquina corriente y la hoja estándar de operaciones, que se coloca en la fábrica para que todos los trabajadores la vean. Esta última especifica el ciclo estándar, la ruta estándar de operaciones y el estándar de trabajo en curso.

El ciclo estándar de fabricación es el tiempo estándar especificado en minutos y segundos, en que cada línea debe fabricar un producto o un elemento. Se calcula mediante las dos fórmulas siguientes, partiendo de que la producción mensual necesaria viene previamente determinada por la demanda:

Producción necesaria diariamente = Producción mensual necesaria / Días de trabajo al mes

Ciclo estándar de fabricación = Horas de trabajo al día / Producción necesaria diariamente

La oficina central planificadora informará, en el mes anterior, a cada departamento de producción sobre la cantidad necesaria diariamente y sobre el ciclo estándar de fabricación. A su vez, el responsable de cada proceso determinará el número de trabajadores necesarios para producir una unidad en un tiempo estándar. Así, el conjunto del personal de toda la fábrica se redistribuirá para conseguir el funcionamiento con el menor número posible de trabajadores.

No es el Kanban la única información para cada proceso. Un Kanban es un tipo de información proporcionada durante el mes en curso, mientras que la información sobre la cantidad necesaria diariamente y sobre el ciclo estándar de tiempo ha de proporcionarse por anticipado para elaborar el programa maestro de producción del conjunto de la fábrica.

La ruta estándar de operaciones indica la secuencia de operaciones a realizar por un bajador en los múltiples procesos de su centro. Se trata de una instrucción para que el trabajador recoja el material, lo coloque en su maquina y lo retire tras el trabajo correspondiente de la máquina y así para las diversas máquinas que maneja , consiguiéndose así el equilibrado de la línea, puesto que cada trabajador terminará el conjunto de sus operaciones dentro del ciclo estándar de tiempo.

La cantidad estándar de trabajo en curso es la cantidad mínima de trabajo en una línea de producción que incluye necesariamente el que esta realizándose en las máquinas. Sin esta cantidad mínima no podría operarse simultáneamente en los diferentes tipos de máquina de una línea en la secuencia predeterminada. Teóricamente, si el transporte entre procesos sucesivos fuera instantáneo, no sería necesario mantener existencias.

AUTOCONTROL

Como antes se ha dicho, los dos pilares básicos del sistema Toyota son la “producción Just in time” y el autocontrol. Para una perfecta consecución del primero, las unidades que desembocan de cada proceso en el siguiente deben ser, en un cien por cien, de buena calidad y el flujo de unidades entre procesos deberá mantenerse a ritmo constante, sin interrupción. Por tanto, el control de calidad es tan importante que debe coexistir con la actividad “Just in time” y el sistema Kanban.

El autocontrol se orienta a instrumentar mecanismos capaces de evitar el trabajo defectuoso de la maquinaria o de la línea de fabricación en la producción en serie. La expresión “autonomía de control” (en Japonés “Ninben-no-aru Jidoka”, abreviado con frecuencia en “Jidoka”) no significa automatización, sino detección autónoma de anormalidades en un proceso.

La máquina dotada de control autónomo es una máquina con un dispositivo de parada automática. La mayoría de la maquinaria de las fábricas Toyota poseen estos dispositivos, con lo que pueden evitarse los defectos en la producción en serie y detectarse los fallos con carácter inmediato. El mecanismo denominado "a prueba de errores" ("Bakayoke" o "Pokayoke") previene los trabajos mal realizados mediante dispositivos de comprobación instalados en instrumentos y útiles.

La idea de autocontrol se ha extendido también a las cadenas de montaje. Si ocurre algo anormal en una línea de producción, el trabajador pulsa un botón de parada, deteniendo el conjunto de la línea. El "Andon" desempeña un papel importante en este sentido, constituyendo un ejemplo típico del "Sistema de control visual" de Toyota. Se denomina "Andon" a un Cuadro de luces en el que se indican los errores o fallos y la parada de la línea de fabricación; se sitúa en la fábrica con altura suficiente, de modo que pueda verse fácilmente por todos. Si algún trabajador requiere ayuda por causa de un retraso en su tarea enciende una luz amarilla en el Andon. Si tiene que parar la línea para resolver algún problema de las máquinas, enciende la luz roja. En resumen, el autocontrol es un mecanismo que indica por si mismo cualquier funcionamiento anormal de un proceso.

MEJORA DE MÉTODOS

El sistema Toyota de producción integra y consigue distintos objetivos (control cuantitativo; calidad asegurada y respeto por la dimensión humana) al tiempo que persigue su finalidad última de reducción de costes. El proceso para la consecución de todos estos objetivos es la mejora de métodos, elemento fundamental que constituye el verdadero espíritu del sistema Toyota.

Cada trabajador tiene la oportunidad de formular sugerencias y proponer mejoras por medio de un grupo reducido denominado círculo de calidad. Este proceso de formulación de sugerencias conduce a mejorar el control cuantitativo mediante la adaptación de la ruta estándar de operaciones, a los cambias en el tiempo del ciclo, a asegurar la calidad, evitando repeticiones de trabajos o máquinas defectuosas y, finalmente, respetando la dimensión humana, permitiendo a cada trabajador su participación en el proceso de producción.

RESUMEN

El propósito básico del sistema Toyota de producción es el aumento de resultados mediante la reducción de costes, a través de la total eliminación de las existencias y el personal innecesarios El concepto de costes es, en este sentido, muy amplio. Son, esencialmente, cualquier gasto pasado, presente o futuro, a deducir de los ingresos por ventas para calcular el beneficio. Por tanto, los costes incluyen no solo los de fabricación (reducidos al disminuir la mano de obra) sino también los administrativos, los de capital (reducidos al disminuir las existencias) y los de ventas. Para conseguir la reducción de costes, la producción debe adaptarse de modo ágil y flexible, a los cambios de la demanda del mercado sin costosas ineficiencias.

Este ideal se pone en práctica mediante el concepto de producción "Just in time", produciendo lo necesario, en las cantidades y en el tiempo asimismo necesarios. En Toyota se ha desarrollado el sistema Kanban corno medio para organizar la producción durante un mes y gestionarla "Just in time". Para instrumentar el sistema Kanban, a su vez la producción debe nivelarse en la cantidad y variedades a utilizar por la cadena final de montaje. Este nivelado requerirá reducir el plazo de fabricación, puesto que diariamente habrán de fabricarse con prontitud diferentes elementos.

Esto puede conseguirse mediante la producción en lotes reducidos o producción y transporte por unidades. La producción en pequeños lotes se conseguirá acortando el tiempo de preparación de máquinas y la producción y transporte pieza a pieza, que puede lograrse gracias al personal polivalente que trabaja en una línea multiproceso. La hoja de ruta estándar de operaciones asegurará la realización de todas las tareas necesarias para producir una unidad de producto en un ciclo de tiempo. El soporte de una producción "Just-in-time" con el cien por cien de unidades admisibles, se asegura por medio del autocontrol (Sistema de control autónomo de defectos). Finalmente, la mejora de métodos contribuirá al conjunto del proceso modificando los estándares de las operaciones, solucionando ciertos defectos y, por último, incrementando la moral de los trabajadores.

¿De dónde proceden estas ideas? ¿A que necesidades responden?

Puede pensarse que tienen su origen en las restricciones de mercado que caracterizaron a la industria japonesa del automóvil en los días de la posguerra; una gran variedad, en el marco

de una producción cuantitativamente poco importante. Hacia 1950, Toyota pensó, razonablemente, que resultaría peligroso imitar ciegamente el sistema Ford (que intenta minimizar el coste medio unitario median te la fabricación en grandes cantidades). Las técnicas americanas de producción masiva han resultado suficientemente apropiadas en el período de alto crecimiento, hasta 1 973; pero, en la época de crecimiento reducido, tras la crisis del petróleo, el sistema Toyota de producción ha merecido atención mayor y ha sido adoptado por numerosas industrias Japonesas, con vistas a incrementar los resultados mediante la reducción de costes y la disminución de despilfarros.

El sistema Toyota de producción es único y revolucionario; las compañías extranjeras no tienen, sin embargo, otros problemas para adoptarlo que, en su caso, los de tipo sindical (derivados de la polivalencia del personal).

En su aspecto más simple, el sistema Toyota de producción podría interpretarse como un caso especial de planificación de las necesidades de material. Las compañías americanas y europeas podrían seguirlo, pero acaso encontrarán ciertas dificultades silo utilizan parcialmente. Muchas compañías japonesas lo utilizan ya, completa o parcialmente. El sistema Kanban y el nivelado de la producción pueden ser particularmente importantes para las compañías americanas y europeas. Para implementar el sistema de modo completo, sin embargo, la alta dirección debe negociar con las organizaciones obreras. De este proceso ya se tiene abundante experiencia en numerosas compañías Japonesas.

CAPÍTULO 2

El Sistema Kanban Consigue La Producción "Just in Time" En el Momento Oportuno

El Kanban es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y en el tiempo asimismo necesario en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica como entre distintas empresas. Se le conoce como producción "Just in time" (JIT). En Toyota, el Kanban se considera como un subsisterna del sistema conjunto producción o dicho de otro modo, no es equivalente a todo el Sistema Toyota de producción, por más que, erróneamente, muchos llamen a éste sistema Kanban. En el presente capítulo se describen los diferentes tipos de Kanban, su utilización y reglas de funcionamiento, discutiéndose también las relaciones entre los Kanban y las numerosas rutinas de las líneas de producción.

EL SISTEMA DE ARRASTRE (PULL) DE LA PRODUCCIÓN «JUST-IN-TIME».

La producción "Just in time" de Toyota, es un método de adaptación a las modificaciones y cambios de la demanda, mediante el cual todos los centros producen los bienes necesarios, en el momento oportuno y en las cantidades precisas. Lo primero que necesita el método J IT es permitir a todos los procesos conocer con precisión los tiempos y las cantidades requeridas.

En los sistemas normales de control de la producción, la condición citada se cumple elaborando diversos programas para todos los procesos, tanto para los necesarios para la fabricación de piezas o elementos como para los de las líneas de montaje. Estos procesos parciales producen elementos de acuerdo con sus programas, de modo que cada proceso proporciona dichos elementos al siguiente (sistema "push" o de empuje), lo que dificulta la flexibilidad de adaptación a los cambios originados por la alteración de algún proceso o por las fluctuaciones de la demanda. La adaptación a tales modificaciones a lo largo de un mes requiere, en el sistema ordinario, que la empresa realice de modo simultáneo los cambios de los programas de producción correspondientes a cada proceso, este enfoque hace difíciles los cambios frecuentes de programas. Como resultado, la compañía se ve obligada a mantener existencias en curso entre todos los procesos para poder absorber las alteraciones y los cambios de la demanda. Un sistema como éste supone con frecuencia desequilibrios de almacén entre procesos, que suelen llevar, cuando se producen cambios, a excesos en existencias, de capacidad de equipos o de trabajadores.

El sistema Toyota supone, por contraste, una revolución, en el sentido de que, en él, cada proceso recoge los elementos o piezas del anterior (método conocido corno sistema de arrastre, pull). Puesto que únicamente la línea de montaje final puede conocer con precisión el tiempo y la cantidad de elementos que se necesitan, será ella la que requiera del proceso anterior esos elementos necesarios en las cantidades y en el tiempo precisos para el montaje del vehículo, de modo que cada proceso habrá de producir los elementos que le sean requeridos por el proceso siguiente.

De este modo, no es necesario elaborar a un tiempo los programas mensuales de fabricación para el conjunto de los procesos. En su lugar, basta con informar a la línea de montaje final, con ocasión del montaje de cada uno de los vehículos, de lo cambios en los programas de producción. Para transmitir a todos los procesos la información sobre el momento y la cantidad de los elementos que deben producirse, Toyota utiliza el Kanban.

¿QUÉ ES UN KANBAN?

Un Kanban es una herramienta para conseguir la producción "Just in time". Se trata, usualmente, de una tarjeta en una funda rectangular de platico. Se utilizan principalmente dos tipos: el Kanban de transporte y el Kanban de producción. El primero especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior, mientras que el Kanban de producción indica el tipo y la cantidad a fabricar por el proceso anterior (Figs. 2.1 y 2.2.), denominándose con frecuencia Kanban de proceso.

El Kanban de la figura 2.1 indica que el proceso anterior es el de forja y el acarreador del proceso siguiente deberá dirigirse a la posición B-2 del sector de forja para retirar piñones de transmisión. El proceso siguiente es el de mecanización. Cada caja contiene 20 unidades, siendo de tipo B las de esta caja y este Kanban el cuarto de los ocho emitidos. El número del elemento supone una clave del mismo. El Kanban representado en la figura 2.2 muestra que el proceso SB-8 de mecanización debe producir el eje de cigüeñal para el coche tipo SX5OBC-150, pieza que se depositará en el almacén F26-18. Véase, en la figura 2.3., la fotografía de un Kanban de transporte.

Existen algunos otros tipos de Kanban. Para realizar pedidos a un proveedor o subcontratista se utiliza un Kanban de proveedor. Kanban que contiene instrucciones a seguir para entregar las piezas o materiales.

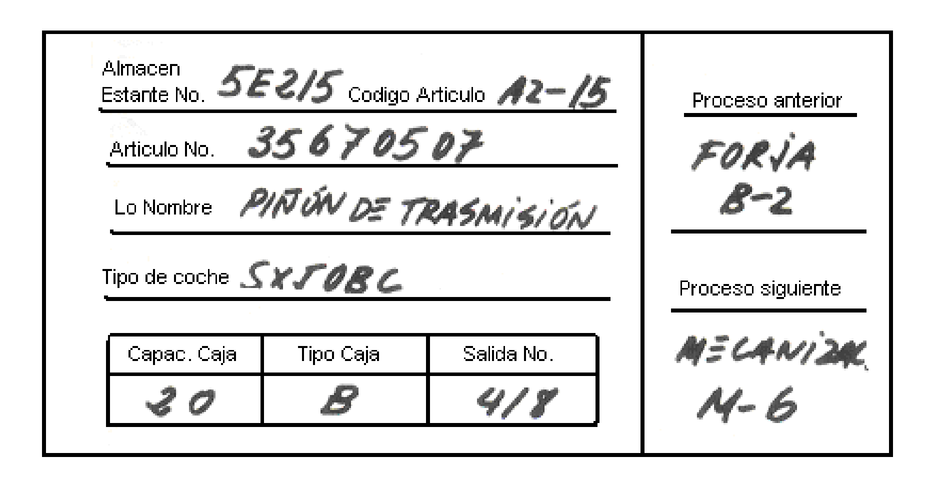


Fig. 2.1. - Kanban de transporte

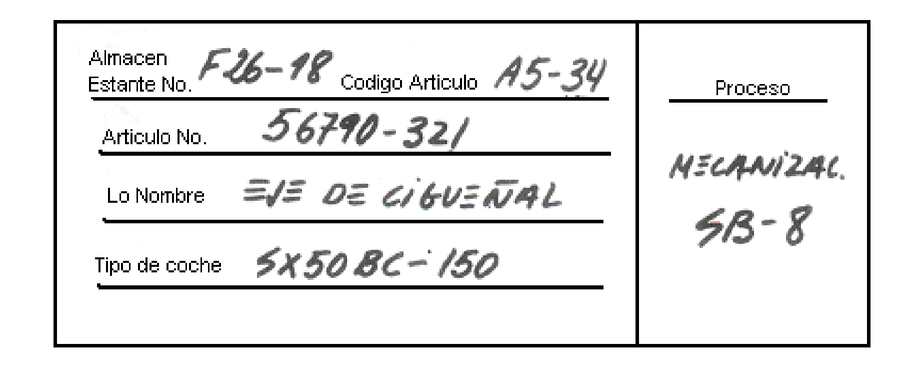


Fig. 2.2, - Kanban de producción

En el caso de Toyota, en principio, la empresa realiza pedidos de piezas a fabricas subcontratistas. No obstante, como los costes de envió están incluidos en el precio unitario de las piezas según contrato, generalmente el proveedor se encarga de entregar las piezas a Toyota, en tanto que, si ésta las retirara por sí misma, debería deducirse de su precio el coste de envió. El Kanban de proveedor es, por tanto, en sentido propio, otro tipo de Kanban de recogida o de transporte.

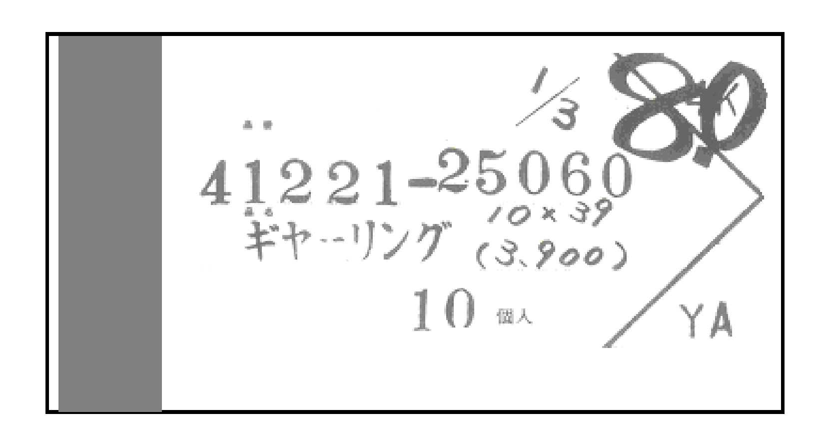


Fig. 2.3 Kanban actual de transporte
(Tamaño 4 x 8")

EL Kanban de la figure 2.4 se utiliza para las entregas de Sumitomo Denko (un proveedor) a la fabrica Tsutsumi de Toyota. Aunque los Kanban utilizados en la fábrica de Toyota no llevan codificación de barras, sí la llevan todos los de los proveedores. El número 38 se refiere a la estación receptora en la fábrica. El cable de puerta trasera entregado en la estación 38 habrá de enviarse al almacén 3S (8-3-213). La referencia de la pieza es la 389.

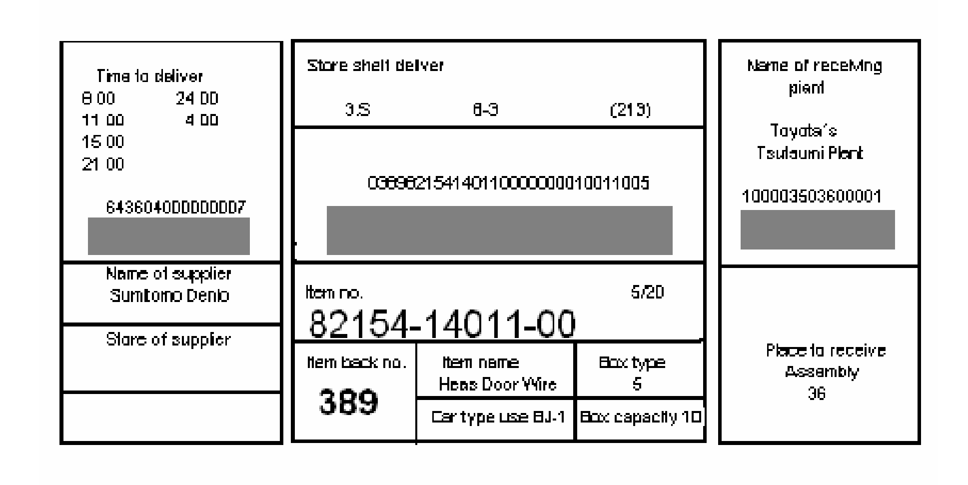


Fig. 2.4 Detalle del Kanban de Proveedor

Como el sistema Toyota de producción lleva consigo una fabricación en lotes de pequeño tamaño, resultan necesarios el transporte frecuente y la entrega diaria, por lo que el Kanban deberá especificar el plazo de entrega.

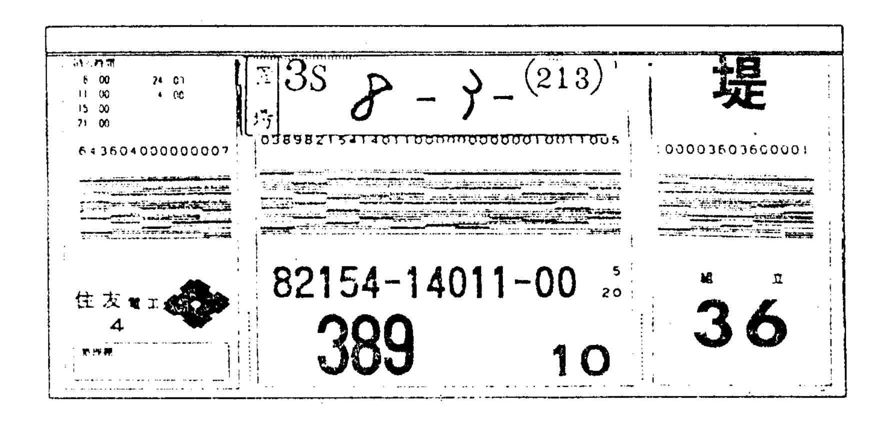


Fig. 2.5. - Kanban actual de proveedor

Dado que no existen en Toyota lugares específicos para almacenaje, será preciso explicar claramente en el Kanban el lugar de recepción. A veces, bajo el espacio destinado al nombre del proveedor, se escribe una anotación como “1 .6.2”, que significa que cierto elemento habrá de ser entregado seis veces al día y las piezas deberán transportarse en un plazo doble del de entrega, desde que el Kanban en cuestión se hizo llegar al proveedor. La figura 2.4, está basada en el actual Kanban de proveedor representado en la figura 2.5.

En los procesos de troquelado, estampación o forja, se utiliza una señal Kanban para especificar el lote de fabricación. Como puede verse en la figura 2 .6., la señal Kanban acompaña a la caja que contiene el lote. Cuando los pedidos retirados llegan a la posición señalada por el Kanban, habrá que poner en marcha la orden de producción.

El Kanban triangular es el primero de los dos tipos de Kanban de señales. La figura 2.6., muestra cómo el Kanban triangular ordena un proceso de estampación =10 para producir 500 unidades de puerta izquierda cuando, tras los pedidos retirados, quedan solo dos cajas: es decir, el punto de emisión de una nueva orden (punto de pedido) se sitúa en dos cajas o 200 unidades de puerta izquierda. La figura 2.7., muestra un Kanban triangular para el montaje de una cabina de color negro. Un Kanban triangular se elabora con una lámina metálica de peso adecuado.

El segundo tipo de señal Kanban es de forma rectangular y se denomina Kanban de transporte de materiales. En la figura 2.6, el proceso de estampación = 1 0 deberá retirar, del almacén 25, 500 unidades de chapa de acero, cuando se hayan entregado dos cajas de puertas izquierdas a la línea de montaje. En el ejemplo, el punto de puesta en marcha de una nueva

orden de pedido de materiales se sitúa en tres cajas de puertas izquierdas. Véase la figura 2.8 para una clasificación de los principales tipos de Kanban.

CÓMO UTILIZAR LOS DIVERSOS KANBAN

La figura 2.9 muestra la utilización de los Kanban de transporte y de producción. Partiendo del proceso subsiguiente, las diversas fases que utilizan el Kanban, son:

1). El operario del transporte del proceso siguiente se dirige al almacén del proceso anterior en una carretilla o un jeep, llevando el n° necesario de Kanban de transporte y de paletas vacías (contenedores). Efectúa esta operación cuando en el buzón de Kanban de transporte se ha acumulado cierto número, predeterminado, de éstos. o bien según una cadencia, asimismo predeterminada, de tiempo.

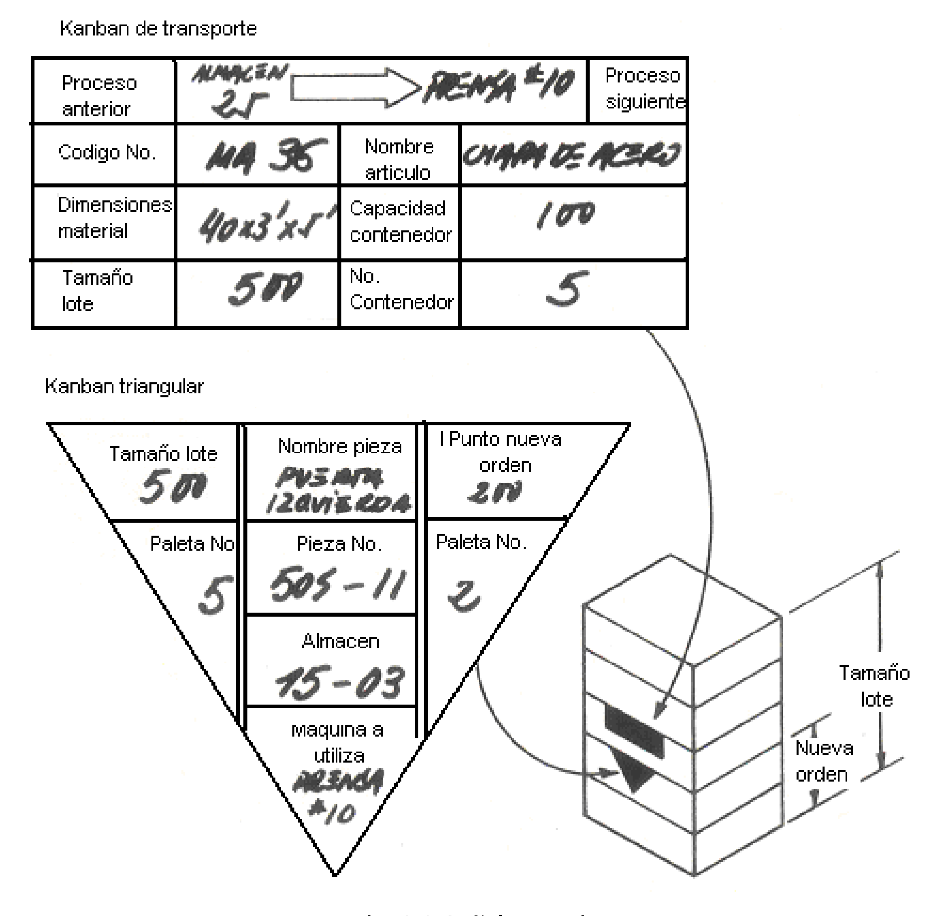


Fig. 2.6 Señales Kanban



Fig. 2.7. - Kanban triangular para el montaje de una cabina de color negro

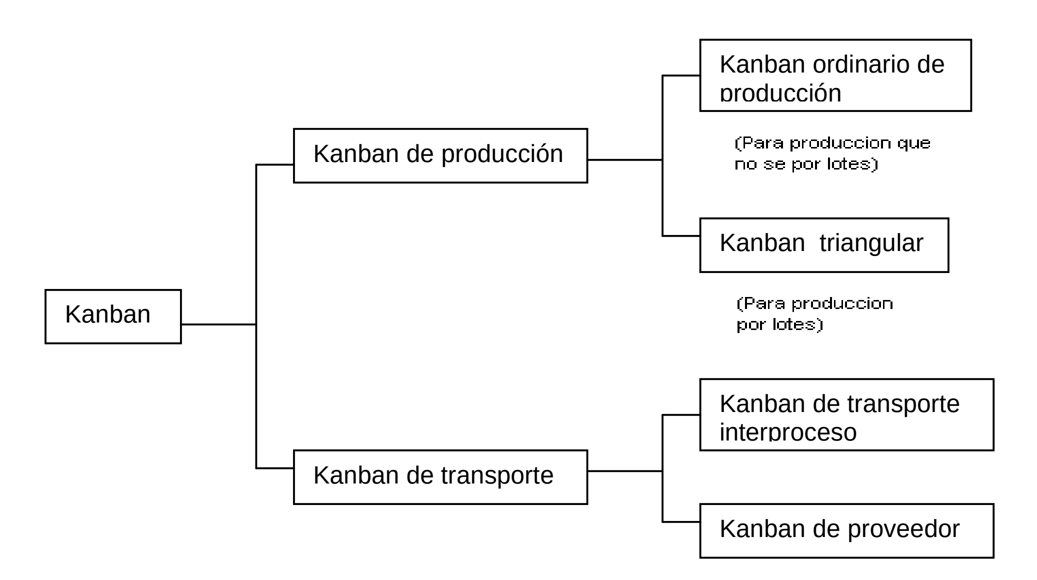


Fig. 2.8. - Esquema de los principales tipos de Kanban

2). Al recoger las piezas del almacén A, el operario de transporte despega los Kanban de producción adheridos a las unidades físicas en las “paletas” (nótese que cada “paleta” lleva una ficha Kanban) y los deja en el buzón de recepción correspondiente, llevando después las “paletas” vacías al lugar designado en el proceso anterior.

3). Adhiere un Kanban de transporte de los que llevaba por cada Kanban de producción despegado, comparando cuidadosamente, como comprobación, los datos de los Kanban de ambos tipos.

4). Cada Kanban de transporte debe dejarse en su correspondiente buzón, al iniciarse el trabajo en el proceso posterior.

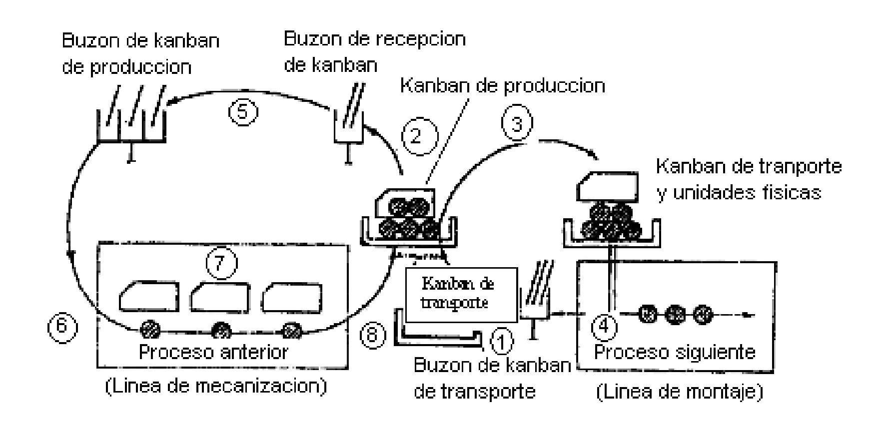


Fig. 2.9. - Fases de utilización de ambos Kankan

5). En el proceso anterior, las órdenes Kanban de producción deberán recogerse de su buzón de recepción cada cierto tiempo o cuando se haya producido cierto número de unidades, colocándose en el buzón de Kanban de producción en la misma secuencia con que se haya despegado en el almacén A.

6). Se fabricaran las piezas siguiendo la secuencia ordinal de los Kanban de producción en su buzón.

7). Las unidades físicas recorren su proceso a la par que los Kanban.

8). Completado el proceso de las unidades físicas, éstas y los Kanban de producción se dejarán en el almacén A a fin de ser recogidas en su momento por el proceso posterior.

Una cadena como la descrita, con los dos tipos de. Kanban, debe establecerse de modo continuo en los procesos precedentes, con lo que cada proceso recibirá los tipos necesarios de unidades en el momento y en la cantidad asimismo necesarios, realizándose así el ideal de la producción "Just in time" para cada proceso. La cadena de Kanban ayudará a equilibrar la línea

de los diferentes procesos, que producirán sus piezas o componentes de acuerdo con sus ciclos de fabricación (Fig. 2.10).

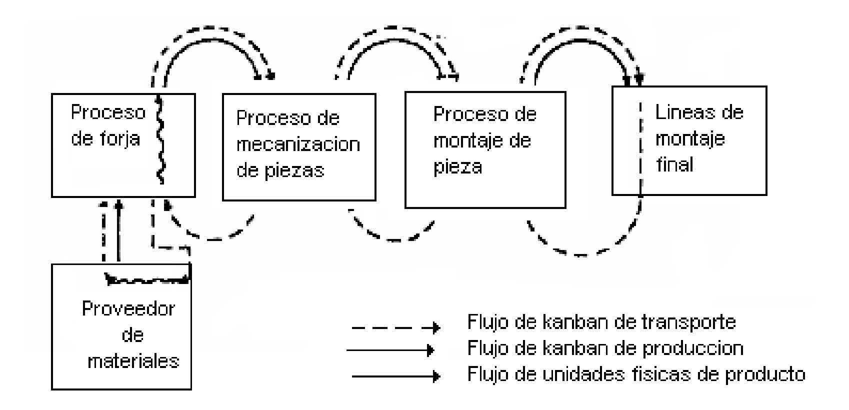


Fig. 2.10. - Cadena de Kanban y unidades físicas

DOS MÉTODOS DE UTILIZACIÓN DE LAS ÓRDENES KANBAN DE PRODUCCIÓN

La figura 2.1 1, muestra uno de estos dos métodos, que supone la emisión de órdenes de producción en gran cantidad, de modo que cada ficha Kanban corresponda a su contenedor y la producción se lleva a cabo siguiendo el orden en que los distintos Kanban se despegan de los respectivos contenedor. Cuando las piezas son de tipos muy diversos, los Kanban circulan del modo descrito en la citada figura 2.1, que muestra asimismo las órdenes clasificadas en su buzón y las etiquetas clasificadas en el almacén de productos terminados.

El segundo método utiliza una sola ficha de señal Kanban (Fig. 2.6). En el departamento de estampación por ejemplo, la cantidad y rapidez, de la producción son tan altas que justifican la utilización de la señal Kanban.

La señal Kanban puede colocarse en el borde exterior de una paleta y, en el almacén, señalará la posición de lanzamiento de una nueva orden. Una vez retirados los artículos del almacén y recogidas las paletas, la señal pasaran al buzón de instrucciones, dando comienzo la operación cuando se encuentre en el puesto de lanzamiento.

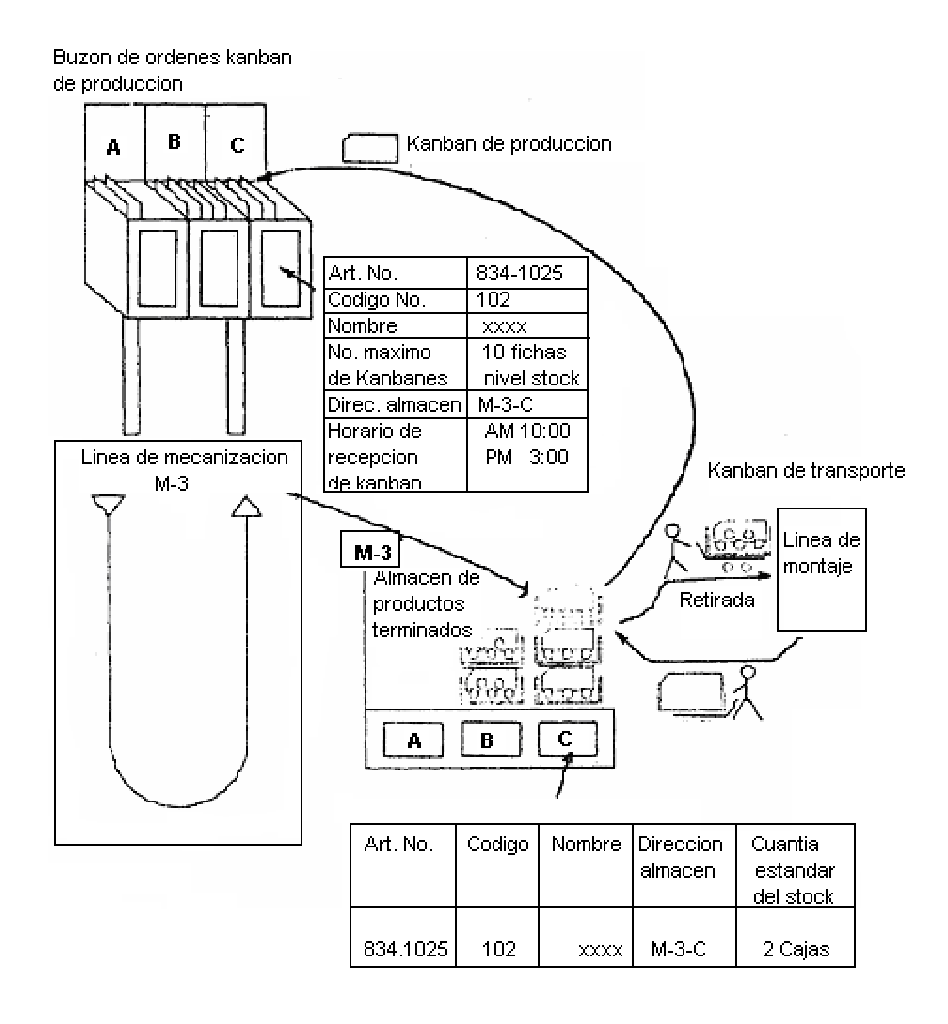


Fig. 2.11. - Secuencia de diversos tipos de Kankan

Con este sistema, una vez determinados el punto de pedido y el tamaño del lote, no resulta necesario preocuparse por el plan diario de producción y su seguimiento. Basta vigilar la secuencia de las órdenes indicadas automáticamente mediante la utilización del Kanban triangular, que lanza la producción y del Kanban rectangular, que lanza los pedidos de material.

Si en un proceso se fabrican diversos tipos de piezas, los Kanbans triangulares indican de modo automático el tipo de piezas a procesar en primer lugar.

El Kanban triangular se utiliza, por algunos proveedores de Toyota y también en algunos procesos de esta empresa, como soporte de las órdenes corrientes de producción. En este caso, cada caja de un tipo único de piezas contiene su propio Kanban de producción y, al mismo tiempo, se fija un Kanban triangular, en cada conjunto de cajas apiladas, señalando el punto de pedido.

REGLAS KANBAN.

Para conseguir el propósito de la producción Kanban "Just in time" deben cumplirse las normas siguientes:

Regla 1.- El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y momento oportuno.

Si el director de producción deseara implantar por sí solo en su fábrica el sistema Kanban, su posición sería tan difícil que no podría cumplirse esta primera regla. Para implantar esta regla la alta dirección debe conseguir convencer a todos los trabajadores, además de tomar la decisión crítica de modificar los anteriores flujos de producción, transporte y entrega. Esta decisión encontrará probablemente mucha resistencia, dado que la Regla 1 exige un cambio completo del sistema de producción existente.

He aquí una serie de corolarios que acompañarán a la citada Regla:

- Deberá prohibirse cualquier retirada de piezas o elementos sin utilización de Kanban.
- Deberá prohibirse cualquier retirada de piezas o elementos en cantidad mayor que el número de Kanbans.
- Un Kanban deberá siempre adherirse al producto físico.

Hay que tener en cuenta que, como requisitos previos del sistema, habrán de incorporarse las condiciones siguientes: nivelado de la producción, organización de los procesos y estandarización de tareas.

El nivelado de la producción, verificado día por día, es una condición necesaria para los pedidos de lotes de tamaño reducido y para la producción asimismo en lotes reducidos en los procesos posteriores, siendo lo más importante para el cumplimiento de la Regla 1. Si, por ejemplo, el sistema Kanban se aplicara únicamente al pedido de piezas a las empresas subcontratistas, sin nivelado alguno de la línea de producción de la fábrica, el Kanban se convertiría en un arma peligrosa; frustrándose su propósito inicial, puesto que los subcontratistas necesitarían mantener gran cantidad de existencias, equipo y mano de obra, para responder la demanda variable de la fábrica.

Utilizando un ejemplo del Capítulo 1, en la línea de montaje del Corona los sedanes se ensamblan y transportan con un intervalo, entre cada unidad, mientras que los coches de capota

y los furgones se ensamblan y transportan con tres intervalos entre cada unidad, siendo la salida final sedán, coche de capoto, sedán, furgón, sedán, coche de capota, etc.

La producción "Just in time" podría sin embargo no conseguirse, incluso aplicando la Regla 1, ya que el Kanban mismo es simplemente un medio para poner en práctica las acciones de producción cada día y en cada proceso. Antes de llegar a la fase de organización de las tareas mediante Kanban, deberá haberse previsto toda lo planificación de la planta. Con este propósito, Toyota informará mensualmente a cada proceso y a cada proveedor acerca de la cantidad de producción predeterminada para el mes próximo, con lo que cada proceso y cada proveedor podrán preparar por anticipado su ciclo de fabricación, el personal necesario, la cantidad precisa de materiales, las mejoras requeridas, etc. En base a tales planes de conjunto, todos los procesos de la fábrica impulsarán la aplicación de la Regla 1 de modo simultáneo desde el primer día de cada mes.

Por lo que se refiere a los métodos de retirada de piezas o elementos mediante Kanban, han de mencionarse dos aspectos adicionales. En Toyota existen dos tipos de sistemas de recogida: el sistema de cantidad constante pero ciclo variable de recogida y el sistema de ciclo constante pero cantidad variable de recogida. En el Apéndice I se discuten algunos, detalles de ambos Sistemas: aquí se expondrán dos ejemplos: el método de transportar un conjunto de varias partes en cantidades constantes y el método para transportar las partes con regularidad en el tiempo mediante un sistema de tuno rotativo de carga variada.

ESCRITANO DE AGUA

El escarabajo "escritano" es un insecto que gira con gran rapidez sobre la superficie del agua. El operario de movimiento es denominado también, en Toyota, "escritano" ("Mizusumashi") por sus continuos viajes, una y otra vez, entre el proceso anterior y el posterior. Por ejemplo, cuando se necesita recoger las partes requeridas para ensamblar un lote reducido de aceleradores (compuesto por cinco unidades), el operario se dirigirá a los diversos almacenes y a los diferentes procesos de mecanización para recoger las partes necesarias para completar una serie de cinco aceleradores. Este transporte a lo "escritano" es un ejemplo representativo de la recogida de partes en cantidades constantes.

SISTEMA DE CICLO CONSTANTE Y TURNO ROTATIVO DE CARGA VARIADA.

El sistema de turno rotativo de carga variada se utiliza por el subcontratista. Por lejano que se encuentre el Jugar de recogida correspondiente a las empresas subcontratistas, son éstas las que, generalmente, hacen entrega de sus productos a la compañía. Por consiguiente, las horas de transporte se convierten en importantes, dadas las frecuentes entregas necesarias por lo reducido de los lotes de producción.

Sean, por ejemplo, cuatro empresas, A, B, C y D. localizadas en cierto área y que deben entregar sus productos a Toyota cuatro veces al día en lotes de pequeño tamaño. Por más que las entregas frecuentes pueden disminuir considerablemente el nivel de sus existencias, se trata de algo impracticable para los subcontratistas, por causa de los altos costes de distribución.

Por ello, la primera entrega, de las 9 de la mañana, podría realizarse por el subcontratista A, recogiendo además de camino en su vehículo productos de las compañías B, C y D. La segunda entrega. a las 11 , podría hacerse por la empresa B, recogiendo de camino, de igual manera, productos de A, C y D. La tercera entrega, a as 2 de la tarde, se llevaría a cabo por la empresa D. Esto se denomina sistema de ciclo constante y turno rotativo de carga variada.

En los Estados Unidos, sin embargo, este sistema puede ser difícil de aplicar en algunos casos. Siendo geográficamente tan extensos, en ocasiones la compañía subcontratista A puede estar muy alejadas de los restantes subcontratistas B; C y D, por lo que habrá desarrollarse estrategias adicionales, como subcontratar a proveedores más cercanos al fabricante, disminuir la tasa de dependencia de los subcontratistas o recoger las piezas en lotes de mayor tamaño. Por lo demás, a fin de responder a los frecuentes pedidos de la empresa principal, los proveedores deberán adoptar el sistema Toyota de producción, reduciendo los plazos de fabricación.

Regla 2. El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.

Cuando se observan las Reglas 1 y 2, todos los procesos de producción se combinan de modo que llegan a constituir un tipo de línea de transporte; el cumplimiento estricto de ambas reglas permitirá mantener el equilibrio de la secuencia de producción entre todos los procesos. Si hay algún problema en uno de los procesos será necesario parar el conjunto de ellos, pero se mantendrá de todos modos el equilibrio entre los procesos. Así pues el sistema Toyota de

producción es una estructura que funciona como una línea de transporte ideal y el Kanban es el medio de conexión de todos los procesos. Como resultado, se minimizan las existencias que se precisa mantener en cada proceso precedente.

He aquí unos corolarios a la segunda regla:

- Ha de prohibirse una producción mayor que el número de fichas Kanban.
- Cuando en un proceso anterior hayan de producirse varios tipos de piezas, su producción deberá seguir la secuencia con que se han entregado los diversos tipos de Kanban.

Puesto que el proceso siguiente requerirá unidades únicas o lotes de tamaño reducido a fin de conseguir el nivelado de la producción, el proceso anterior deberá llevar a cabo frecuentes preparaciones de máquina según los requerimientos asimismo frecuentes del proceso posterior, preparaciones que habrán de realizarse con la mayor rapidez.

Regla 3. Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente. ,

El incumplimiento de esta regla comprometería la existencia misma del sistema Kanban. Si llegaran a identificarse en el proceso siguiente algunos elementos defectuosos, tendría lugar una parada de la línea al no tener unidades extra en existencia y devolvería los elementos defectuosos al anterior proceso. La parada de la línea del proceso siguiente resulta obvia y visible para todos. El sistema se basa en la idea de autocontrol descrita en el Capítulo 1 y su propósito es simplemente evitar la repetición de defectos.

El sentido del término "defectuoso" comprende asimismo las operaciones defectuosas, que pueden ser definidas como tareas que no responden por completo a la estandarización y que suponen ineficiencia en las operaciones manuales, en las rutas o en los tiempos de trabajo. Tales ineficacias son con frecuencia causa de que se produzcan elementos a su vez defectuosos Así pues, las operaciones defectuosas deben eliminarse, a fin de asegurar un ritmo continuo en los pedidos a retirar del proceso anterior. La estandarización de tareas es, por tanto, uno de los requisitos previos del sistema Kanban.

Regla 4. El número de Kanban debe minimizarse

Puesto que el número de Kanban expresa la cantidad máxima de existencias de un elemento, habrá de mantenerse tan pequeño como sea posible. En opinión de Toyota, el incremento en el nivel de existencias es el origen de despilfarros de todo tipo.

La autoridad final para modificar el número de Kanbans se delega en el supervisor de cada proceso. Si un proceso se perfecciona gracias a la disminución de tamaño del lote y al acortamiento del plazo de fabricación será posible disminuir a su vez el número de Kanban necesarios. Estas mejoras del proceso contribuirán al cumplimiento de la regla 4. La delegación de autoridad para determinar el número de Kanban es el primer paso para promover el perfeccionamiento de las capacidades directivas.

El número total de Kanban permanece constante. Por tanto, al incrementarse el promedio demandado diariamente, habrá de reducirse el plazo de fabricación, lo cual requiere reducir a su vez el ciclo de fabricación de la ruta estándar de operaciones, modificando la colocación de los trabajadores en la línea. Sin embargo como el número de Kanban en un taller incapaz de llevar a cabo las mejoras citadas sufrirá paradas de la línea o se verá forzado a usar horas extras. En Toyota resulta virtualmente imposible que los trabajadores oculten los problemas de producción de su taller, ya que el sistema Kanban hace visibles realmente las alteraciones, en forma de paradas de la línea o de empleo de horas extras provocando rápidamente actividades de mejora para resolver los problemas. Para adaptarse al incremento de la demanda, los talleres podrían aumentar el stock de seguridad o el número total de Kanbans, por lo tanto el nivel del stock de seguridad puede constituir un indicador de la eficiencia del taller.

En caso de una disminución de la demanda, habrá de incrementar el ciclo de fabricación de la ruta estándar de operaciones, por tanto el probable tiempo ocioso de los trabajadores se evitará mediante una disminución del número de trabajadores en la línea. En el apéndice 1 se presentan algunos detalles acerca del modo de determinar el número de Kanbans.

Regla 5. El Kanban habrá de utilizarse para logra r la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda. (Ajuste de la producción mediante Kanban).

Se hace mención aquí al rasgo más notable del sistema Kanban: su adaptabilidad a cambios repentinos de la demanda o de las exigencias de la producción.

Para ilustrar qué entendemos por adaptabilidad, vamos examinar en primer lugar los problemas a que se enfrentan las empresas que utilizan un sistema ordinario de control, es decir, que no utilizan el Kanban, careciendo de medios para ajustarse a cambios rápidos e inesperados de la demanda. El sistema ordinario de control determina de modo centralizado los programas de producción y los emite con carácter simultáneo a los procesos productivos; por tanto, las

modificaciones súbitas de la demanda requerirán un intervalo al menos de siete a diez días para revisar los programas y enviarlos de nuevo a la fábrica, tiempo necesario para que el ordenador recoja la información y calcule los datos actualizados. En consecuencia, los diversos procesos de fabricación se enfrentarán de cuando en cuando con cambios bruscos y requerimientos irregulares, problemas que se complicarán por la carencia de procesos de nivelado de la producción.

Las empresas que utilizan el sistema Kanban, por el contrario, no emiten programas detallados de producción, de carácter mensual, con simultaneidad a los procesos; cada proceso sólo puede conocer lo que ha de producirse cuando la orden Kanban de producción se despega de su contenedor en el almacén. Únicamente la línea final de montaje recibe una secuencia programada para la producción diaria y el programa se trata en un computador que especifica la siguiente unidad que debe montarse. Como resultado, incluso si el plan mensual predeterminado señalara la fabricación de seis unidades de A y de cuatro unidad es de B diarias, tal proporción puede modificarse al final del día. Sin ninguna instrucción para cambiar todos los procesos del plan, cada uno de ellos se adapta de modo natural a la demanda del mercado y a las exigencias de la producción, de acuerdo con el número de Kanbans.

Aquí vemos el significado del ajuste de la producción. Cuando se utiliza el Kanban y se nivela la producción, resulta fácil llevar a cabo variaciones en el mercado fabricando unas cuantas unidades más que el número predeterminado por el programa. Por ejemplo, como parte de un plan predeterminado correspondiente al mes de enero, habrían de producirse 100 unidades diarias, pero el día 10 de dicho mes nos encontramos con que para febrero serían necesarias 120 unidades por día. Según la metodología de Loyola, nos adaptaremos al cambio produciendo 105 a 107 unidades diarias desde el 11 de enero, en lugar de mantener una tusa de 100 unidades durante un período de siete días a diez días, requerido para revisar el programa de fabricación, en el caso del sistema ordinario de control de la producción. Además resultará innecesario cualquier cambio de plan, dado que cada proceso viene siempre sujeto a las instrucciones del Kanban.

Este ajuste de la producción mediante el Kanban sólo puede adaptarse a pequeñas fluctuaciones de la demanda. En Toyota, variaciones de la demanda de aproximadamente un 10 por ciento pueden gestionarse cambiando simplemente la frecuencia de entregas de Kanban, sin revisar el número total de éstos.

En caso de grandes cambios claramente estacionales de la demanda, o bien de un incremento o disminución de la demanda mensual actual superior a una cuantía previamente determinada o a la del mes anterior, deberán modificarse todas las líneas de producción. Es decir, habrá que volver a calcular el ciclo de fabricación de cada taller y, en consecuencia, cambiar el número de trabajadores en cada proceso; otra parte, habrá que aumentar o disminuir el número total de cada Kanban.

Con vistas a aminorar los valles y las puntas existentes en las variaciones de la demanda duran te el año, la alta dirección ha de tomar decisiones sobre el nivel de las ventas para el conjunto del año o elaborar un plan flexible para readaptar todas las líneas de producción correspondiente a los cambios estacionales durante el año.

Finalmente, por lo que se refiere a la adaptabilidad del Kanban, habría que anotar que éste puede utilizarse también parcialmente y de modo inconstante, aunque, en tal caso, el stock de seguridad habría de ser algo mayor. Por ejemplo, para prevenir cualquier irregularidad en los giros del árbol de mando de un coche, un operario deberá añadir unas pequeñas piezas de acero denominadas contrapesos. Existen cinco tipos de contrapesos y habrán de seleccionarse según el grado de irregularidad presente en la rotación del árbol, no siendo necesarios si la rotación es regular, pero sí en caso de que no lo sea. En consecuencia, la demanda de esos cinco tipos de contrapeso es completamente inestable y no puede ser en absoluto nivelada.

En Toyota, sin embargo, se adhiere igualmente un Kanban a esos contrapesos y, puesto que el nivel de las existencias de los cinco tipos de contrapeso no se incrementará en grado mayor que el número total de cada Kanban, los niveles de las existencias y las cantidades e órdenes pueden medirse, controlándose de modo razonable el stock de seguridad.

Aunque la transferencia de un Kanban se lleva a cabo en un momento dado de tiempo, el número de Kanban correspondiente a cada tipo de contrapeso fluctuará en algún grado dependiendo de las fluctuaciones de la demanda. Sin embargo, si deseamos minimizar estas variaciones de los Kanban, tendremos que mejorar de algún modo el Proceso mismo de fabricación.

OTROS TIPOS DE KANBAN.

Kanban urgente. Se admite en caso de escasez de una pieza o elemento. Aunque tanto el Kanban de movimiento corno el Kanban de producción se orientan a resolver este tipo de problemas, en situaciones extraordinarias se emite el Kanban urgente, que debe recogerse inmediatamente después de su uso. . (Fig. 2.1 2.).

Imaginemos, por ejemplo, una situación en que el operario de movimiento de un proceso (línea de montaje) se dirige al almacén de un proceso anterior (línea de mecanización) y se encuentra con que no existe suficiente aprovisionamiento del elemento B, cuya escasez es grave. (Fig. 2.13.). Habrán de tomarse, en tal caso, las medidas siguientes:

1). El operario de movimiento emite el Kanban urgente para el elemento B y lo coloca en el buzón urgente (a veces llamado buzón rojo) próximo al de órdenes de producción del proceso de mecanización.

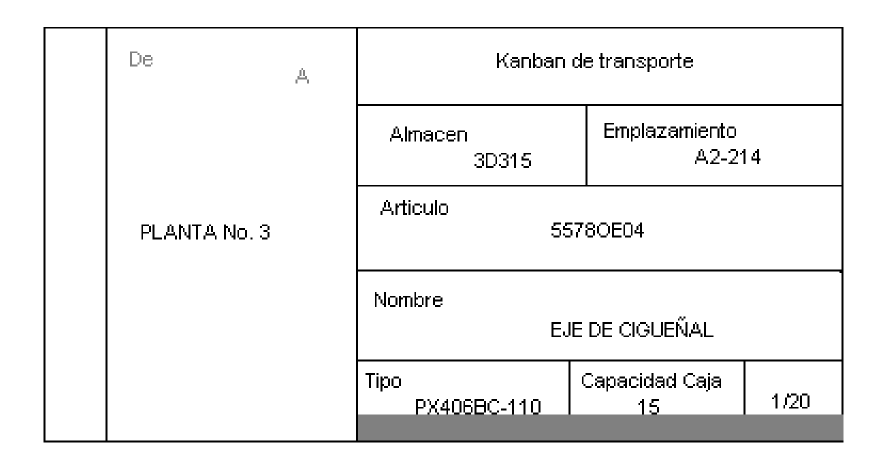
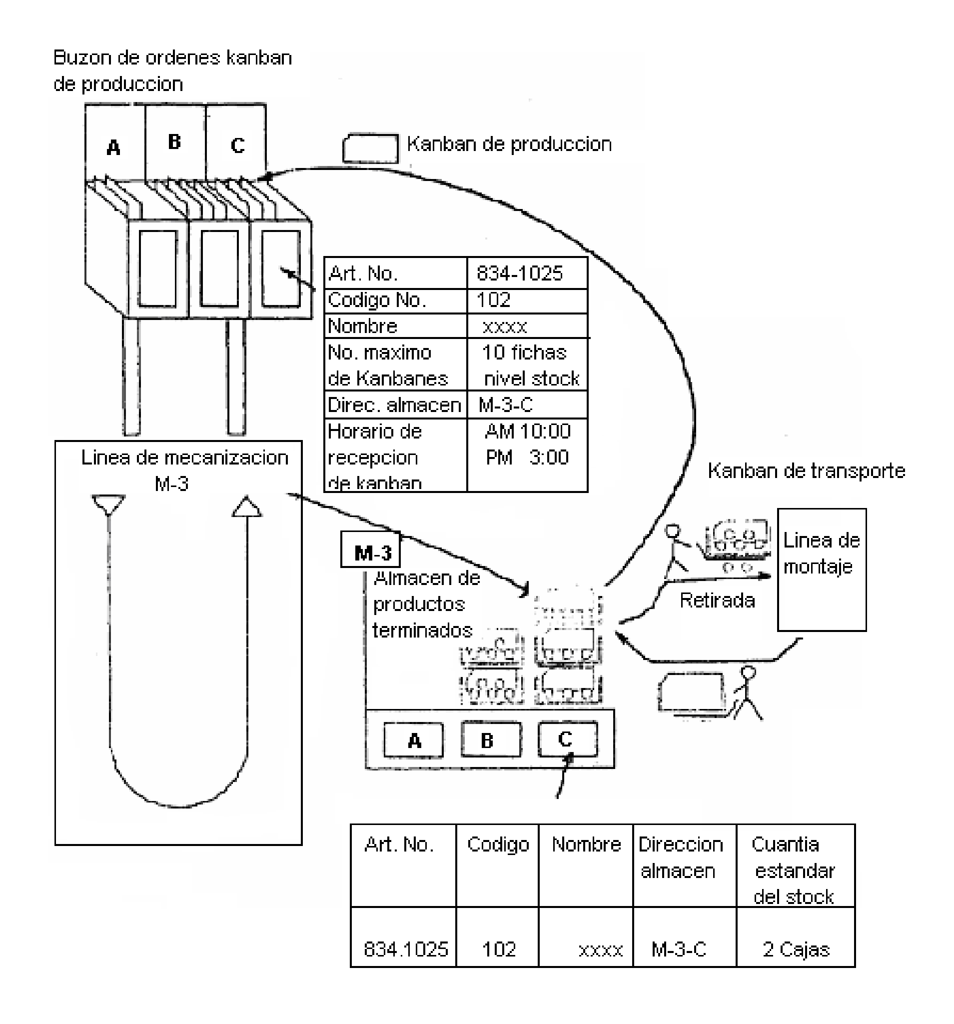


Fig. 2.12. - Kanban urgente

2). Al mismo tiempo pulsa un botón pura que la línea de mecanización fabrique el elemento B. El botón utilizado para poner en marcha las líneas de mecanización está situado en un tablero junto al buzón de órdenes de producción Kanban.

3). En un tablero luminoso, denominado Andon, se encendería una luz correspondiente al elemento B, indicando una orden de producción de la citada pieza o subconjunto.

4). En el punto de la línea en el que se hubiera encendido la luz, el trabajador debe producir de inmediato el elemento B y llevarlo al proceso siguiente (línea de montaje). El trabajador será felicitado si la luz roja se apaga inmediatamente.



Art. No.	Codigo	Nombre	Direccion almacen	Cuantia estandar del stock
834.1025	102	xxxx	M-3-C	2 Cajas

Fig. 2.13. —Utilización del Kanban urgente

KANBAN DE EMERGENCIA

Se emitirá de modo temporal un Kanban de emergencia cuando se requiere material o elementos para hacer frente a unidades defectuosa, averías de la maquina, trabajos extraordinarios o esfuerzo especial en operaciones de fin de semana. Este Kanban toma también la forma de alguno de los anteriores, de movimiento o de producción y deberá retirarse inmediatamente después de su uso. (Fig. 2.14.).

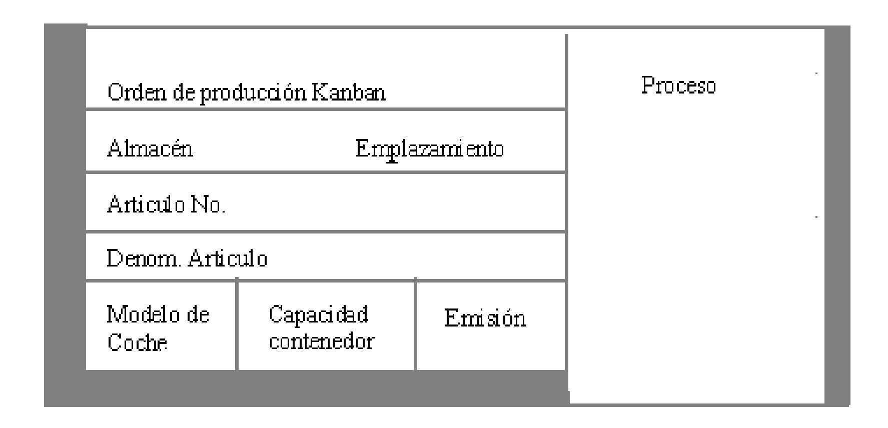


Fig. 2.14. Kanban de emergencia

KANBAN ORDEN DE TRABAJO

En tanto que los Kanban hasta ahora mencionados resultan de aplicación a una línea de fabricación repetitiva de productos, un Kanban orden de trabajo se dispone para una línea de fabricación específica y se emite con ocasión de cada orden de trabajo. (Fig. 2.15).

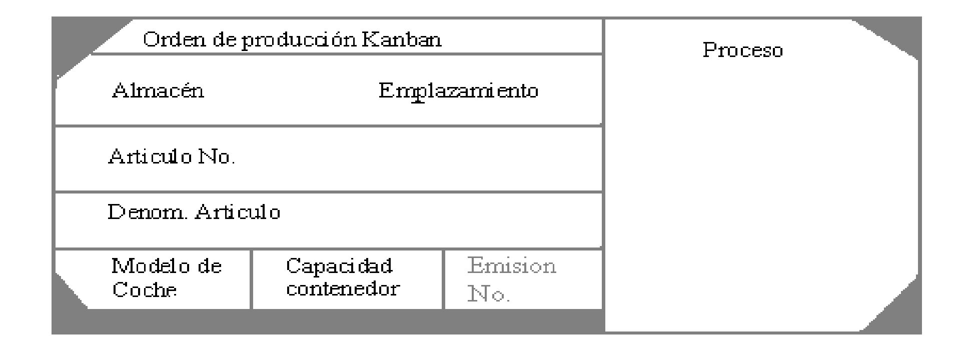


Fig. 2.15. Kanban orden de trabajó

KANBAN ÚNICO

Cuando dos o más procesos están tan estrechamente vinculados con cada un o de los demás, que pueden verse como un proceso único, no se requiere intercambiar Kanban entre tales procesos adyacentes, sino que se utiliza una ficha Kanban común para los varios procesos. Dicho Kanban se denomina Kanban Único (o Kanban túnel) y es semejante al "billete único" válido para dos ferrocarriles adyacentes. Este Kanban puede utilizarse en líneas de

mecanización cuando cada pieza producida en una línea se envía de inmediato a la próxima y, por ello, en procesos como el tratamiento en caliente, electrogalvanizado, limpieza o soldadura.

KANBAN COMÚN

Un Kanban de movimiento puede utilizarse también como Kanban de producción cuando la distancia entre dos procesos es muy corta y ambos tienen el mismo supervisor.

El encargado del transporte en un proceso lleva las cajas vacías y el Kanban común al almacén del proceso anterior y luego entregará el Kanban al correspondiente buzón de recepción (Fig. 2.9.), recogiendo tantas cajas como Kanban haya entregado y sin necesidad de cambiar de Kanban en el almacén.

CARRETILLA UTILIZADA COMO KANBAN

El kanban resulta frecuentemente muy efectivo si se utiliza en combinación con una carretilla, como en la fábrica Honsha de Toyota, donde para recoger tanto piezas como motores o transmisiones se utiliza una carretilla que solo puede cargar una cantidad limitada.

En este caso la carretilla misma desempeña el papel de un kanban. En otras palabras, cuando el número de transmisiones ha decrecido en la línea de montaje final hasta alcanzar cierto punto de reemisión de ordenes (digamos tres o cinco piezas), el personal encargado de colocar las transmisiones en las carretillas llevara el carro vació hasta el proceso anterior, es decir, al proceso de montaje de las transmisiones y recogerá allí, cambiándolo por el vació, otro carro lleno de las piezas necesarias.

Aunque siguiendo la regla general, las piezas deberían llevar adherido un Kanban, en este caso el número de carretillas tiene el mismo significado que el número de Kanban. La línea de submontaje (sección de transmisiones) no puede seguir fabricando un producto hasta que vuelva un carro vació, con vistas a prevenir una producción excesiva.

Veamos otro ejemplo: en la fabrica Obu de Toyota Automatic Loom Works Ltd (un proveedor de Toyota) el equipo de fundición fabrica bloques de cilindro, ejes de cigüeñal y cubiertas de motor etc. En esta fabrica, los materiales sin transformar, como el hierro bruto y la chatarra férrica se llevan en carretillas desde los proveedores hasta los hornos de fundición, sin utilizar contenedores o cajas, cumpliendo la carretilla la función de una ficha Kanban.

ETIQUETA

Para transportar las piezas a la línea de montaje se utiliza con frecuencia una cadena de transporte que lleva las piezas colgadas en suspensores. A cada uno de estos, a intervalos regulares, se adhiere una etiqueta que especifica qué piezas, en que cantidad y donde deben suspenderse de la cadena, en este caso la etiqueta se utiliza como un tipo de Kanban, aunque en la actualidad no se denomine así, para informar al trabajador que coloca las piezas en el suspensor o al que ensambla las piezas en la línea de submontaje, de modo que este último proceso solo puede producir las piezas requeridas. Un suspensor con etiqueta recibe en Toyota el nombre de sitio reservado.

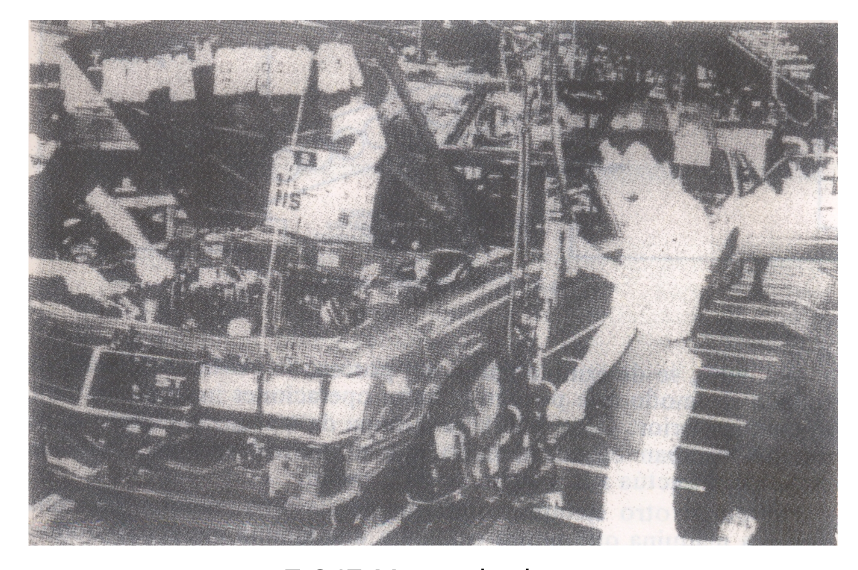
Una etiqueta se aplica también a la línea final de montaje para informar sobre el programa de la secuencia de combinación de los modelos a montar (fig. 2.16 y 2.17).

SISTEMA DE TRABAJO TOTAL

En los procesos automatizados, en que no existe operarios, ¿ cómo es posible que la máquina anterior produzca unidades sólo en la cantidad retirada?

Montaje No.			Destino	
Tipo de coche	AJ56P-KFH			
Muelle tracero	Eje tracero	Elevador	Seguro	Manibela abatible
	S	M	A	/
Razon del engra-naje diferencial	Rueda libre	Sistemas electricos		Transmision
	/			
Alternador	Purificador aire	Refrijerador	Calefaccion o acond. aire	Flevalunas delantero
SNZ	/	/	H	/
Aceite clima frios	Compensacion de altura	LLC	Ventilador	Gancho trasero
	/		D	/
EDIC				Destino climas frios

Fig. 2.16 Muestra de etiqueta utilizada en la línea final de montaje



F. 2.17. Muestra de etiquetas

Existen diferencias en la velocidad y capacidad de producción de las diversas máquinas y una de éstas podría continuar su propio proceso sin tener en cuenta ninguna de las dificultades que pudieran ocurrir en los procesos siguientes.

El Sistema de trabajo total se utiliza en procesos automáticos de mecanización. Por ejemplo, la máquina anterior A y la siguiente B están concertadas entre sí y el nivel estándar de trabajo en curso en la máquina B es de seis unidades. Si la máquina B tiene en curso sólo cuatro unidades, la máquina A comienza automáticamente a operar y se mantiene activa hasta que la máquina B disponga de seis unidades, momento en que un conmutador detiene automáticamente la operación de la maquina A.

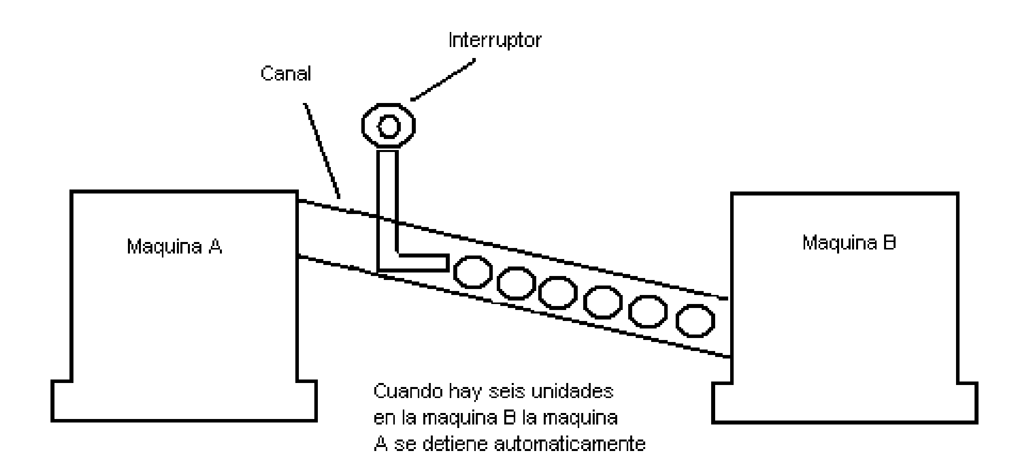


Fig. 218. - Sistema de trabajo total

AsÍ pues, se determina para cada proceso la cantidad estándar de trabajo de modo que pueden evitarse operaciones innecesarias en el proceso anterior. (Fig. 2.18). El sistema de trabajo completo se denomina Kanban eléctrico, dado que el control eléctrico mediante conmutador actúa a la manera de un Kanban.

Por poner otro ejemplo, supongamos que una máquina punzonadora (la máquina que punza o taladra una lámina metálica) produce 90 unidades por minuto, mientras que la estampadora produce solo 60 unidades por minuto. Generalmente, dada su alta capacidad, la taladradora opera sólo los dos primeros tercios del mes y descansa el resto, pero este método puede producir existencias innecesarias en la taladradora.

Supongamos ahora que la taladradora se conecta directamente con la estampadora y se sitúa entre ambas el almacén. Si llega a completarse el almacén de metales perforados, la perforadora se detiene automáticamente. Si quedan en el almacén sólo unas cuantas unidades, la punzonadora inicia nuevamente sus operaciones de modo automático. En otra palabra la taladradora opera aproximadamente dos minutos y descansa aproximadamente un minuto.

En Toyota se ha adoptado el sistema en todas las líneas de producción, a fin de conseguir su nivelado respecto a las cantidades a producir. El sistema presenta las siguientes ventadas:

- Eliminación de existencias innecesarias de trabajo en curso.
- Aprovechamiento de la capacidad total de la línea de producción e identificación de "cuellos de botella".
- Reducción del tiempo de preparación.
- Minimización de las existencias de productos terminados.
- Rápida adaptación a las modificaciones de la demanda.

CAPITULO 3

El Kanban de Proveedor y el Programa de Secuencias a Utilizar por los Proveedores

Un fabricante muy poderoso puede dar instrucciones a sus proveedores para que le aporten sus piezas “Just in Time”. Pero, si no cambia al mismo tiempo su propio sistema de producción, el sistema Kanban se convierte en algo diabólico para ellos. Aunque se trate de un medio muy efectivo para la realización del concepto de “Just in Time”, no debería aplicarse al proveedor sin antes llevar a cabo los cambios correspondientes en el conjunto del sistema de fabricación de la empresa compradora. El sistema Kanban es un subsistema del sistema Toyota de producción, que requiere a su vez una reorganización completa de los sistemas productivos.

Si el proceso siguiente recoge piezas de forma irregular en cantidad o en plazo, el proceso anterior debe disponer necesariamente de amplias capacidades de personal, instalaciones y existencias. Si el fabricante principal está relacionado con el proveedor mediante el sistema Kanban, el proveedor tendría problemas si el fabricante le pide las piezas de modo fluctuante. Por ello es preciso esforzarse en minimizar las variaciones irregulares en la línea final de montaje del fabricante principal.

En 1950, la fábrica Honsha de Toyota comenzó a instalar un esquema de nivelación de la línea de montaje y la de mecanización. Desde entonces, el sistema Kanban fue desarrollándose y extendiéndose a través de los procesos anteriores. Como resultado, desde 1962 el sistema Kanban se viene aplicando al conjunto de las plantas de Toyota. Fue en 1962 cuando Toyota comenzó a aplicar el Kanban a sus proveedores y en 1970 lo había extendido al 60% de ellos. En 1982, Toyota había aplicado el Kanban de proveedores al 98% de sus empresas subcontratadas, aunque solo el 50% de ella utilizaban el Kanban orden de producción en sus propias fábricas.

Se desarrollarán en este capitulo los siguientes puntos:

- Información mensual y diaria proporcionada el proveedor.
- Sistema Kanban de reaprovisionamiento.
- Sistema de recogidas sucesivas mediante una tabla de secuencias previstas.
- Proceso de circulación del Kanban de proveedores en la empresa fabricante principal.

El autor ha recogido datos para este capítulo mediante entrevistas y observaciones en Aisin Seiki Co. Ltd., uno de los principales proveedores de Toyota.

Información mensual diaria

Toyota proporciona a sus proveedores dos tipos de información: en primer lugar, una planificación previa de la producción mensual, que se comunica a los proveedores a mediados del mes anterior y cuya utilización permite a estos determinar los siguientes datos:

1. Ciclo de fabricación de cada proceso
2. Ruta estándar de operaciones, con la que se realiza la asignación de personal de acuerdo con el ciclo de fabricación de cada proceso.
3. Cantidades de piezas y de material a pedir a los proveedores.
4. Número de cada Kanban de proveedores.

El segundo tipo de información es del carácter diario, y especifica el número de unidades a entregar a la compañía cliente (es decir, a Toyota), tomando a su vez dos formas diferentes: un Kanban o una tabla de secuencia prevista (denominada tabla orden). Ambos tipos

de información se aplican de modo alternativo, dependiendo del sistema de retirada o entrega a Toyota.

Toyota utiliza dos métodos de pedidos diarios: un sistema de reposición y un sistema de pedidos.

El sistema de reposición ("Ato-Hoju") es un método de utilización de Kanban de proveedor. A lo largo de la línea de montaje, En Toyota, están dispuestas numerosas cajas que contienen piezas y Kanban de proveedor. La utilización de piezas en la línea irá dejando vacías las cajas, que se transportaran a intervalos regulares de tiempo, juntos con sus Kanban de proveedor, en una carretilla, al proveedor respectivo. Desde el correspondiente almacén del proveedor se recogerán en la carretilla otras cajas con piezas para retirar.

Consideremos ahora el sistema de secuencia de pedidos. En algunos casos, Toyota proporciona al proveedor una serie de programas de pedidos para un gran número de piezas, estos programas permiten a Toyota recoger las piezas respectivas siguiendo la secuencia programada para la combinación de modelos en la línea de montaje. Este sistema se denomina sistema de secuencia de pedidos ("Junjo-Biki"). Si la secuencia de diversos automóviles programada en la línea final de montaje de Toyota es, por ejemplo,

(A-B-A-C-A-B-A-C-…)

La secuencia programada de las diversas transmisiones a subensamblar por el proveedor deberá ser

(Ta-Tb-Ta-Tc-Ta-Tb-Ta-Tc-..)

Donde Ta significa la transmisión para el coche A.

Sistema de reposición mediante Kanban.

Como aplicar el Kanban de proveedor

Como se expresa en la fig.3.1, el flujo de un Kanban de proveedor consta de dos fases:

1. A las 8 de la mañana, el conductor de una furgoneta lleva al proveedor los Kanban con las cajas vacías.
2. cuando la furgoneta llega al almacén del proveedor, su conductor entrega al personal del almacén el Kanban. Luego regresa a Toyota conduciendo otra furgoneta cargada con las piezas y sus Kanban. Conviene considerar en este momento los siguientes aspectos:

   a) el Kanban de proveedor y el tiempo de preparación para la producción del proveedor. El numero de Kanban entregados a las 8 de la mañana en el almacén del proveedor no se corresponde necesariamente con las cajas que el conductor lleva a Toyota a la misma hora. Por ejemplo, si las piezas se transportan dos veces al día (a las 8 de la mañana y a las 10 de la noche) podemos suponer que el Kanban de proveedor contenido en las cajas llenas de las 8 de la mañana es el mismo entregado a las 10 de la noche anterior. (véase Fig. 3.1., en la que, por razones de simplificación, se ha omitido el tiempo necesario para cargar las piezas en la furgoneta).

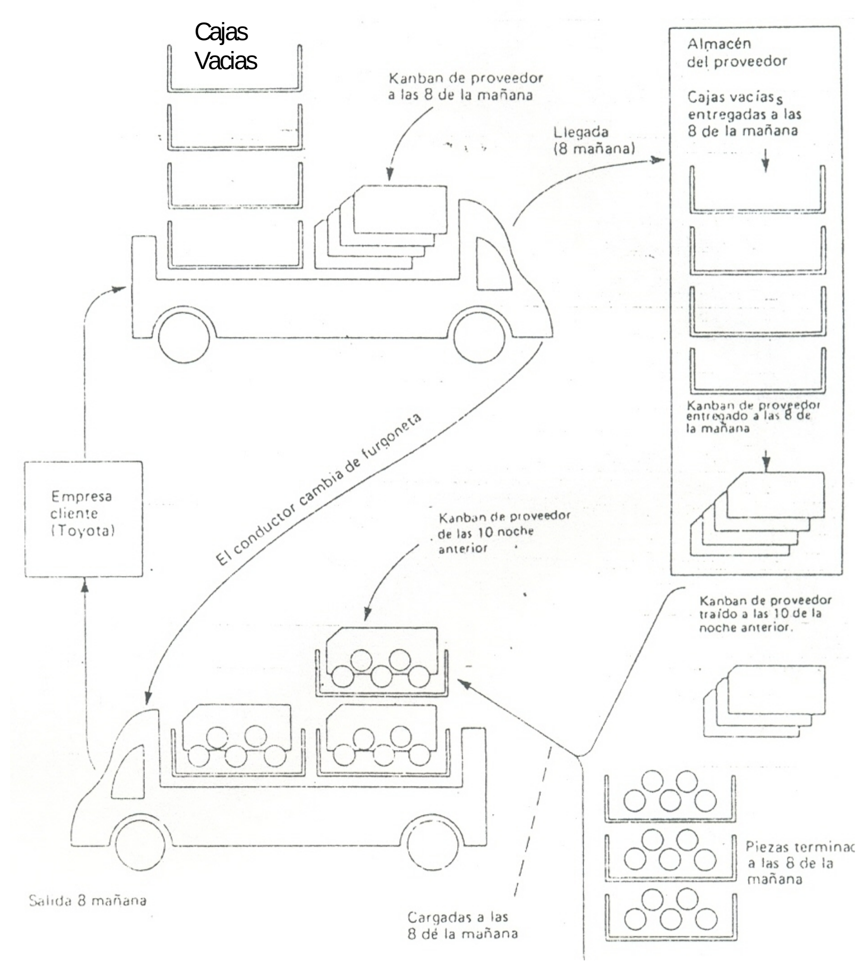


Fig. 3.1. - Circuito del Kanban de proveedor

b) Utilización de las furgonetas en el sistema Kanban: sistema" de tres furgonetas. La situación diagramada requiere tres furgonetas mientras el conductor lleva una de ellas, las otras dos están respectivamente estacionadas en el almacén de Toyota, para descargar las piezas entregadas y en el almacén del proveedor para cargar nuevas piezas. Participan asimismo tres personas: el conductor de la furgoneta y dos trabajadores encargados simultáneamente de la carga y descarga.

Entre las ventajas del sistema se encuentran:

- Reducción del tiempo de transporte entre el proveedor y el fabricante principal, al no requerirse tiempo de espera para el Conductor, por carga y descarga, en los respectivos almacenes. Con ello se reduce a su vez el tiempo total de ejecución. En otras palabras, el sistema consigue eliminar el tiempo de espera del conductor, puesto que otras personas se ocupan de la carga y de la descarga mientras la furgoneta se encuentra en movimiento.
- Aunque 1as tres furgonetas requeridas por el sistema tienen tres veces los costes de amortización de una furgoneta, el período de duración es asimismo tres veces mayor, con lo que, a largo plazo, el sistema no incrementará los costes de producción. Por otra parte, si las piezas hubieran de transportarse en una sola furgoneta, se necesitarían más de dos personas para la carga y descarga para reducir todo lo posible el plazo de transporte, con lo que los trabajadores adicionales incrementarían los costes de producción.

- Por más que el sistema Kanban requiere frecuentes transportes, las ventajas de reducción de existencias son mucho mayores que el aumento de costes de transporte. El lector deberá tener en cuenta además los beneficios del sistema de transporte con carga mixta que Toyota aplica a varios proveedores, tal como se explicaba en el Capítulo 2.

Circulación del Kanban de producción en la fábrica del proveedor.

Supongamos de nuevo que las piezas vayan a recogerse por el fabricante de automóviles dos veces al día, a las 8 de la mañana y a las 10 de la noche. En correspondencia a este programa, el buzón de órdenes de producción para un proceso de fabricación se encuentra dividido en dos compartimentos, como muestra la figura 3.2.

El casillero de las 8 de la mañana contiene tatos Kanban de producción como Kanban de cliente entregados a las 8 de la mañana e indicará la producción en el turno de día. La fabricación de piezas deberá completarse como muy tarde para las 10 de la noche. Hora en que las piezas se cargarán en la furgoneta para llevarlas a Toyota u otros clientes.
El casillero de las 10 de la noche contiene tantos Kanban de producción como Kanban de cliente han sido entregados a las 10 de la noche e indicará la producción a realizar en el turno de noche.

Las piezas requeridas deberán haber sido terminadas como muy tarde a las 8 de la mañana siguiente, para ser cargadas en la furgoneta a esa hora para su entrega a Toyota. (Nótese que, para simplificar, no se han incluido tolerancias de tiempo en las operaciones de carga).
Estas operaciones se representan en la Fig. 3.3.

En el apéndice 1 se examina en detalle el modo como la compañía principal determina el número total de Kanban de proveedores. Igual fórmula sirve para determinar el número de Kanban de proveedor enviado por un proveedor a sus subcontratistas. Se trata de fórmulas para cálculo mediante ordenador. En el Apéndice 1 se explica asimismo la fórmula de determinación del número total de Kanban de producción.

Sistema de secuencia de pedidos mediante tabla con el programa de secuencia.

Una vez al día, Toyota comunica el programa de secuencia para las diversas piezas al centro de cálculo de la fábrica del proveedor. En algunos casos, esta información será memorizada en un "diskette" del proveedor y, mediante el mismo, el ordenador imprimirá etiquetas que especifican detalles de las piezas a ensamblar y su secuencia en la línea de montaje del proveedor. (Los detalles del sistema se describen en el Apéndice 3.).

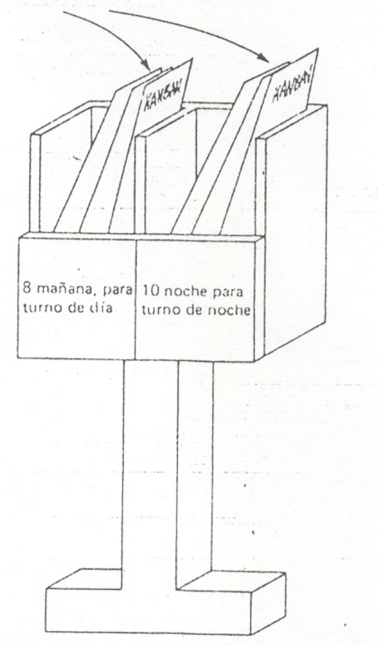


Fig. 3.2. - Buzón de órdenes de producción Kanban

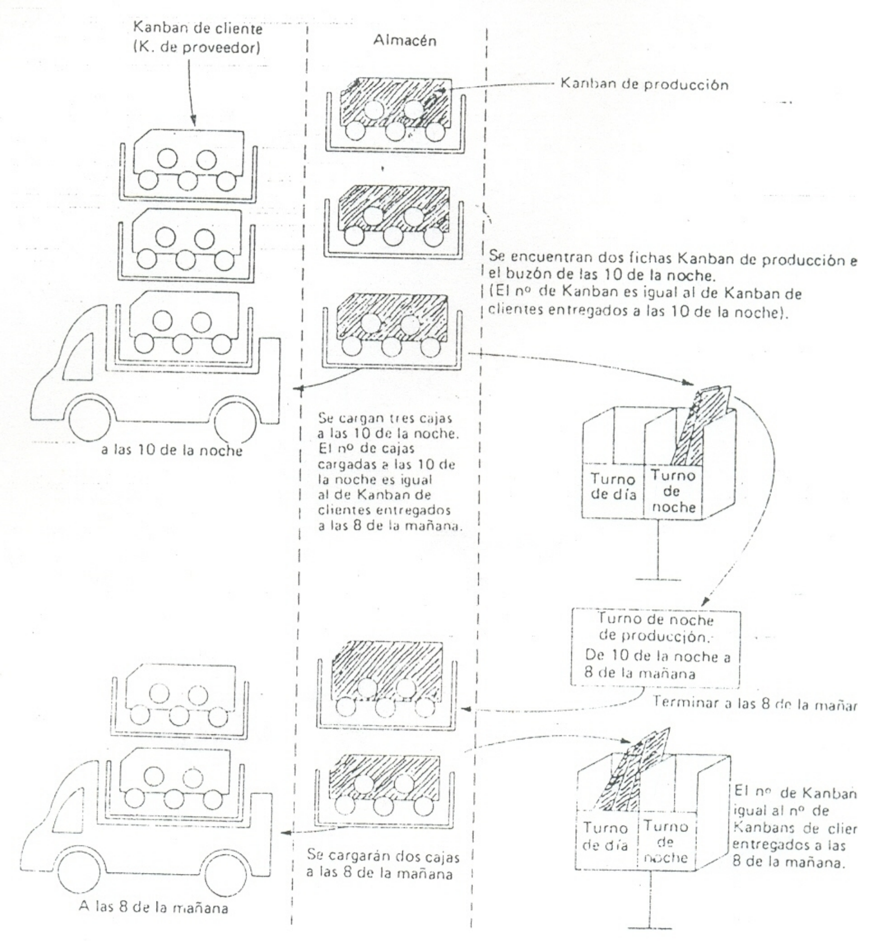


Fig.3.3.- Circuito del Kanban de cliente y del Kanban de producción.

La planta Shiroyama de Aisin Seiki Co. Ltd.. (Un proveedor de Toyota), por ejemplo, recibe información mediante cinta magnética enviuda por Toyota, que especifica la secuencia de programas para la producción diaria de transmisiones. (En el futuro, sin embargo, un sistema on-line entre los ordenadores de las plantas Shiroyama y Toyota comunicará en tiempo real la secuencia de programas). Esta tabla-secuencia de programas recibe el nombre de tabla de órdenes y se comunica cada hora (16 veces al día) a la línea de montaje, cuatro horas antes (le la entrega de Toyota. ¡Adviértase la brevedad del plazo de ejecución! Este flujo de información se expresa en la Fig. 3.4.

Tanto el sistema de reposición como el de secuencia de pedidos, se aplican no sólo a las piezas de un proveedor, sino también a las producidas por la propia Toyota Motor Corp. Por ejemplo. Cuando la planta Honsha de Toyota recoge motores fabricados en la planta Kamigo de Toyota, se aplica también el sistema de secuencia (le pedidos en la fábrica de Kamigo.

Para transmitir el programa de secuencias en las fábricas de Toyota se han instalado, en la mayoría de ellas, terminales de ordenador. Anteriormente, sin embargo, Toyota ha venido utilizando el teletipo, Transmitiendo a las líneas de submontaje la información por cinta de su papel

.

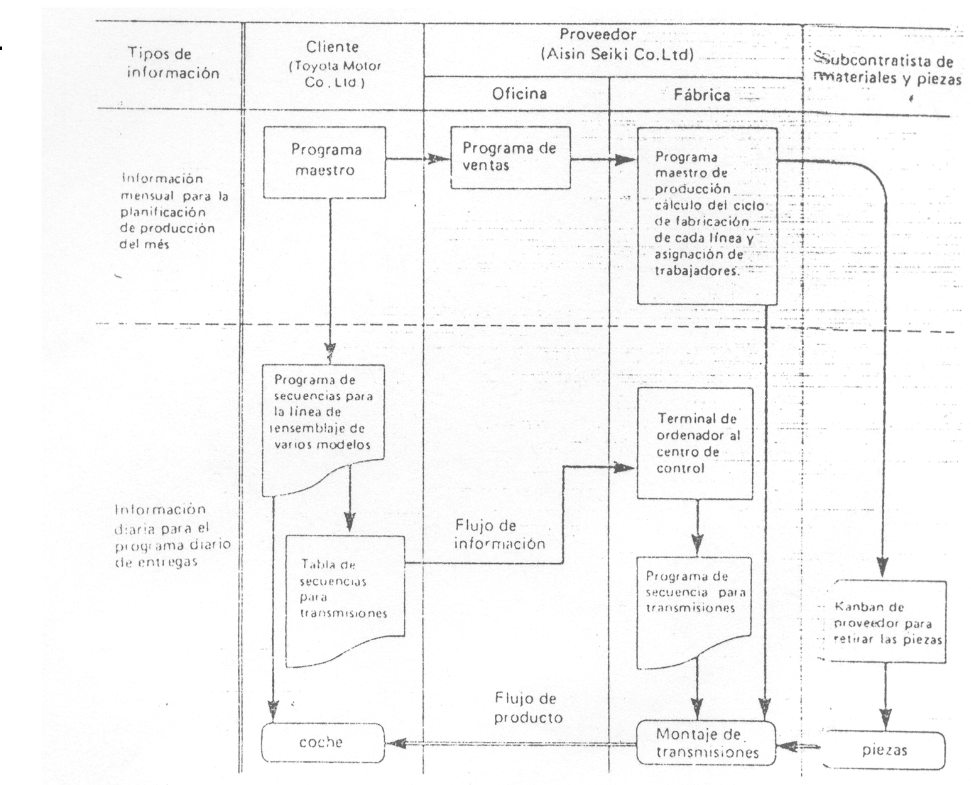


Fig.3.4.- Sistema de información para secuencia de pedidos

Espacio de almacén y variedad de productos

A fin de reducir el nivel de existencia en almacén, es también necesario reducir el espacio de almacenamiento. Sin embargo, la situación actual del sistema Just-in-time de producción mediante Kanban asume la necesidad de existencia de piezas terminadas en los procesos precedentes, por las siguientes razones:

— La utilización del sistema de cantidad constante y ciclo variable de recogida exige al proceso anterior mantener cierto inventario de piezas terminadas para adaptarse al ritmo irregular de la demanda. El ritmo de consumos es necesariamente irregular en este sistema, por las fluctuaciones de la demanda en el mercado.

— La utilización del sistema de ciclo constante y cantidad variable de recogida, exige asimismo que el proceso anterior mantenga cierto inventario, para adaptarse a la irregularidad de las cantidades a recoger por el proceso siguiente; tales fluctuaciones se producen, de igual modo, por las modificaciones de la demanda de los consumidores.

En el estado actual del sistema Just-in-time establecido en Toyota, no se alcanza, por tanto, el ideal de la eliminación total de inventarios, aunque su nivel se ve controlado por los Kanban Naturalmente, si se realizara en la fábrica el ideal de la cinta transportadora invisible, se lograría la producción Just-on-time sin necesidad de existencias. En Toyota, la producción se encuentra todavía lejos de este ideal y la expresión Just-in-time resulta en la situación presente, más apropiada que la de Just-on-time.

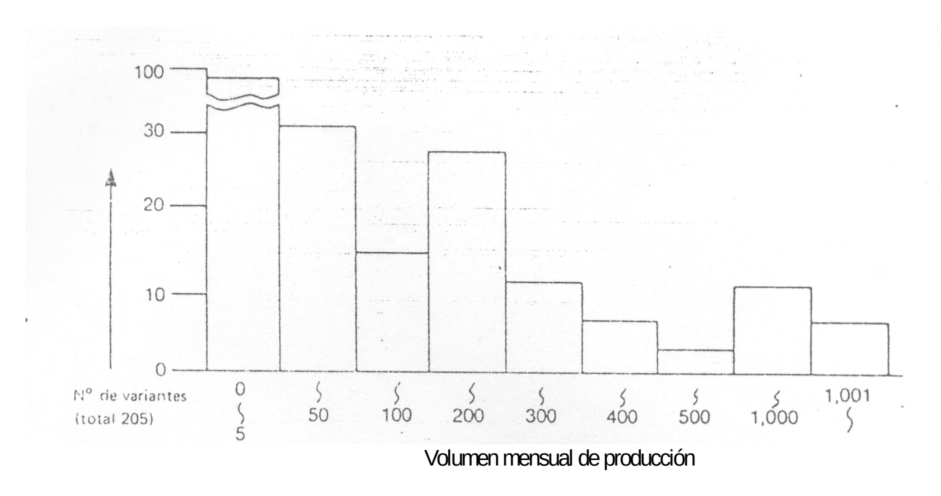
En la fábrica Kanigo de Toyota, por ejemplo, el almacén de productos terminarlos (motores está preparado para las entregas a las diversas fábricas y empresas clientes. Por otro lado, si el almacén hubiera de prepararse para una mayor variedad de productos terminados. se incrementarían las cantidades totales en almacén. Por tanto, si el espacio ocupado por cada pieza es grande (como sucede con las transmisiones o los motores) y hay además muchas variedades de piezas, se aplicaría el sistema de secuencia de pedidos para minimizar el espacio de almacén. Si, en cambio, las piezas fueran de pequeño tamaño, se aplicaría el sistema de reposición.

Productos	Volumen	Clientes
Transmisión manual (T/M)	20000	Toyota Motor Co. Ltd. Maihatsu Kogyo Co. Ltd
Transmisión semiautomática (ATM)	3000	Suzuki Motor. Co. Ltd.
Transmisión semiautomática (para vehículos industriales) (T/C)	1000	Toyota Automatic Loom Works Co. Ltd.
Transmisiones de potencia	2500	Toyota Motor Co. Ltd. Mino Motor Co. Ltd.

Fig. 3.5.- Principales productos y volumen de producción.

Utilización del programa de secuencia de pedidos en las líneas de montaje de un proveedor.

Examinemos la situación de la producción de la fábrica Shinoyama de Aisin Seiki Co. Ltd. Sus principales productos y sus volúmenes mensuales de producción., en 1981 se muestran en el cuadro 3.5.
Las características de su producción — amplio surtido y pocos tipos de producto — se indican en la Fig. 3.6.



Volumen mensual de producción

Fig. 3.6.- características de una producción de amplia variedad y series reducidas

Consideremos ahora como se alcanza la competitividad de la fábrica de Shiroyama con producciones de muchas variantes y series cortas. Teniendo en cuenta el proceso de diseño, resulta posible la expansión de un modelo básico de transmisión, adaptándolo para poder utilizarse en una amplia gama de coches (Fig. 3.7.).

Modelos	básico	4 velocidades 5 velocidades	Motor gasolina diésel	Forma: furgoneta autobús	Conducción a izquierda a derecha	Modelos finales
Variantes	1	2	8			74

Fig. 3.7.- proceso de diseño desde un modelo básico a los modelos finales

Este proceso de diseño se incorpora en las diversas líneas de montaje, como se muestra en la figura 3.8. La línea de montaje se divide en dos partes (principal y secundaria), instalándose almacenes de transmisiones semielaboradas y elaboradas. La división de la línea de montaje corresponde a las diversas variedades de pedidos de los el lentes. El tiempo empleado para pasar del almacén de piezas semiterminadas al de piezas terminadas es de sólo quince minutos, empleándose una hora en el transporte hasta Toyota. En consecuencia, la línea de montaje puede responder a la amplia variedad de pedidos de Toyota, introduciendo la secuencia de información sólo cuatro horas antes de la entrega.

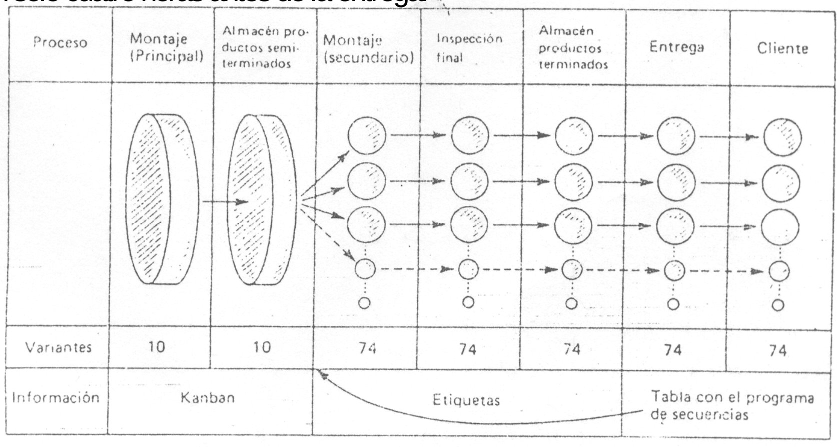


Fig. 3.8.- método de información y producción en las líneas de montaje

En la cabecera de la línea de submontaje deberá fijarse una etiqueta a cada una de las transmisiones; dichas etiquetas marcarán la secuencia de las 74 variedades de transmisiones a completar en la línea de subensamblaje Entre tanto, cada transmisión semiterminada en la línea principal de montaje recibirá su propio Kanban, ordenándose así los diez tipos básicos de transmisión
Conviene subrayar que la transmisión es un ejemplo Único; mientras en la mayoría de los casos un Kanban pondrá en marcha varias unidades — acaso cinco —, en el caso de la transmisión cada unidad recibe su propio Kanban, dado que cada transmisión es, en sí misma, una unidad amplia y la producción debe ser capaz de responder a la gran variedad de la demanda.

Problemas y soluciones que se presentan en la aplicación del sistema Kanban a los subcontratistas.

Suele existir alguna diferencia entre las cantidades de piezas especificadas por la empresa principal en su plan mensual de producción prevista y las cantidades que ha solicitado durante el mes actual (basadas en Kanban o en la tabla con el programa de secuencias) Tal discrepancia es, normalmente sobre el 10%. Sin embargo en los procesos operativos de las fábricas no existe el concepto de revisión del plan, por que la información, en forma de Kanban o de etiquetas, se proporciona en tiempo real.

considerando la discrepancia y otros problemas que puedan presentarse en las transacciones entre una fábrica principal sus subcontratistas, el Partido Comunista Japonés junto con la comisión del Gobierno Japonés para las practicas comerciales licitas, han criticado duramente el sistema TOYOTA. Los epígrafes siguientes ofrecen las críticas citadas así como las contramedidas de Toyota, junto con la opinión del autor.

Crítica del Partido Comunista al sistema Toyota de producción.

El sistema de Taylor concitó en su día la oposición de los sindicatos americanos, que entendían que la gestión científica descuidaba loa aspectos humanos y consideraba al hombre como a una maquina. La discusión llegó a ser tan intensa que en los Estados Unidos estimaron necesario investigar el asunto mediante una comisión especial.

Ahora, que la gestión científica se ha convertido en un asunto de la Cámara de Representantes americana, el sistema Toyota de producción se ve sometido al escrutinio de la Cámara Japonesa.

En 1977, justo cuatro años después de la primera Crisis del petróleo que afectó a Japón desde 1973, y cuando la mayor parte de las empresas japonesas sufrían sus efectos y la consiguiente inflación del yen, Michico Tanaka miembro de la Cámara de Representantes y al propio tiempo del Partido Comunista de Japón, interpeló del Siguiente modo al Primer Ministro, Fukuda, acerca del sistema Toyota de producción.
"La situación de la gestión de las pequeñas y medianas empresas es tan grave que difícilmente puede compararse con la de las grandes compañías Sin embargo, en este tiempo el presupuesto suplementario restringe la cuantía le los créditos y no puede ofrecer un futuro prometedor a las pequeñas empresas.

Especialmente importante es el problema al que se enfrentan los subcontratistas, que suponen el 60% de los fabricantes. Por ejemplo, la Toyota Motor Co. Ltd. Ha obtenido un beneficio corriente de 210 mil millones de yenes (aproximadamente, mil millones de dólares). Ese amplio beneficio, ¿cuántas lágrimas de subcontratistas tiene detrás? El sistema de producción de Toyota, completamente racionalizado, da instrucciones a los subcontratistas para que entreguen sólo las piezas requeridas para hoy o mañana. De ese modo no se acumulan excesivas piezas en el inventario de Toyota y, por lo mismo, no existen almacenes ni recursos inmovilizados en forma de stocks.
Sin embargo, los subcontratistas que ocupan una posición de tercero, cuarto o quinto lugar en línea vertical en los procesos de fabricación se encuentran en situación precaria. La razón que, si no pueden entregar sus piezas "Just-in-time" según las necesidades de la compañía matriz, verán cancelados sus contratos. En definitiva, tienen que comprometerse en una producción prevista y, si sus previsiones resultan erróneas, deben hacer frente por si solos a todas las pérdidas. Aunque los ingresos se mantienen estables o, en la actualidad, decrecientes, los subcontratistas deben hacerse cargo de tan severas condiciones para conseguir sus contratos.

No puede olvidarse además que el sistema Toyota se está extendiendo entre numerosas industrias y un gran número de subcontratistas resultarán probablemente víctimas del sistema. Si no se limita esta práctica de abusar de los subcontratistas, la economía japonesa se precipitará en el caos.

Ud. ha prometido iniciar una política que beneficie a las pequeñas y medianas empresas, pero ¿cómo hará frente a prácticas tan malignas que se están extendiendo?
Me gustaría escuchar su opinión. (De la Cámara Japonesa de Representantes, Nº 47 de octubre de 1977, pg. 63).

El Primer Ministro Morio Fukuda respondió lo siguiente:

"En relación con la opinión sobre el sistema racionalizado de producción de Toyota, tengo entendido que, en estos momentos, la Comisión para la lealtad en el Comercio está dando directrices a la compañía. El Gobierno tiene la seguridad de que el fabricante principal no forzará con su racionalización al sacrificio de los intereses de los subcontratistas.. Tal es mi convicción." (Vol. cit., pg. 65).

Directrices de la comisión para la lealtad en el Comercio basadas en la Ley de Subcontratación y en la Ley Antimonopolio.

Así pues. la comisión para la lealtad en el Comercio y la Agencia gubernamental para la pequeña y mediana empresa, han dado directrices a los fabricantes principales para evitar la violación de la Ley de subcontratación y de la Ley Antimonopolio. La ley de subcontratación es una abreviación de la "Ley contra los retrasos en el pago a los subcontratistas", que fue promulgada en 1956 para conseguir un comercio equitativo en la subcontratación y defender los intereses de los subcontratistas.
Los puntos del sistema Kanban que presentaban problemas en relación con la comisión para la lealtad en el Comercio, eran los siguientes:

1.- Con la utilización del sistema Kanban para ordenar la producción no queda claro el momento del pedido. De acuerdo con el sistema Toyota de producción, se comunica al proveedor el plan de producción mensual en lo concerniente a artículos específicos, cantidades, fechas y plazos, etc., sólo durante los últimos once días del mes anterior. Por otro lado, el sistema Kanban y el programa de secuencia especifican similar información. En consecuencia, no resulta claro el momento del pedido. ¿Es en el plan que predetermina la producción mensual o el resultante del Kanban y del programa de secuencias?

Sin embargo, de acuerdo con la Ley de Subcontratación (art.3.3.). Aunque la acción del pedido de un fabricante principal sea una notificación informal, el instante en que la misma se concreta se considera como momento de pedido.

2.- De acuerdo con el sistema Kanban, puede existir alguna discrepancia entre la cantidad mensual informalmente ordenada y la entrega finalmente en los envíos con Kanban. En otros términos, la esencia del sistema Kanban estriba en el ajuste de la producción a las menores adaptaciones a las fluctuaciones de la demanda.

Cuando la cantidad de productos entregados por los Kanban resultan menor que la cantidad originalmente ordenada por el programa maestro de producción mensual informalmente comunicado, la diferencia debe considerarse como rehúse de aceptación, puesto que el artículo 1 establece que la orden produce efectos desde que el proveedor recibe instrucciones mediante el plan informal de producción.

Además, la Ley de Subcontratación (art. IV-I-I) prohíbe al fabricante principal rechazar la totalidad o parte de los artículos entregados que le hayan sido pedidos.

3.- El sistema Kanban de entrega no puede imponerse al proveedor.
De acuerdo con la Ley japonesa Antimonopolio (art. 19): "Una compañía de negocios no puede utilizar métodos comerciales injustos." En 1955 se citaba como ejemplo de estos métodos injustos, la acción siguiente: "Una compañía de negocios no puede, aprovechando su posición superior respecto a otra que de ella depende, imponer a ésta condiciones de comercio excepcionalmente desfavorables según los usos comerciales normales".

Así pues, al aplicar el sistema Kanban a su proveedor, una compañía matriz debe conseguir un acuerdo con el subcontratista y en modo alguno forzar la puesta en práctica de modo unilateral. En el contrato habrá de resaltarse que, sin este acuerdo, no será aplicable el sistema Kanban. Por lo demás, incluso si el subcontratista da su conformidad a la aplicación del Kanban, debe recibir un periodo adecuado de preparación para adaptarle al nuevo sistema. Más aún, la compañía matriz no urgirá la introducción del Kanban en sus proveedores sin haber puesto a punto los requisitos técnicos previos de su propia fábrica y sin un completo conocimiento de cuanto atañe al conjunto del sistema Toyota de producción.
Los restantes efectos perjudiciales que el Kanban podría producir al subcontratista son (según informe de Mr. Hyogo Kikuchi, gerente de La Sección de Subcontrataciones de la comisión para la lealtad en el Comercio) los siguientes:

La mayoría de los subcontratistas de primer nivel que han adoptado el sistema Kanban gozan de ventajas similares a las de Toyota. Sin embargo, los subcontratistas de segundo, tercero o cuarto niveles, pueden sufrir algunos efectos desfavorables de los que las compañías principales son esencialmente responsables. Tales efectos perjudiciales son:

— Los subcontratistas pueden tener que incrementar sus existencias para lograr la producción esperada, puesto que deben entregar tan rápidamente como sea posible sus piezas en respuesta a los pedidos, mediante Kanban. Pueden también verse obligados a utilizar horas extraordinarias de trabajo para hacer frente a lo inesperado.

Tal incremento de existencias en los almacenes de los subcontratistas es una consecuencia similar a la situación originada por el Sistema Cock (o “On-the-Premises Warehouse System”), que fue popular en Japón tras la Segunda Guerra Mundial. En el Sistema Cock, un subcontratista mantiene cierta cantidad de existencias de piezas terminadas y soporta por si mismo el riesgo alquilando un lugar de la fábrica del fabricante principal. De este modo, la empresa matriz puede utilizar los artículos necesarios en las cantidades precisas y en el tiempo oportuno (Just-in-time) y emitir el pedido al tiempo de la recogida. Este sistema fue criticado como aria violación de la Ley de Subcontratación y las compañías principales se vieron disuadidas de su utilización.

— No obstante el incremento estándar en la cantidad de las entregas mensuales, la aplicación del sistema Kanban aumentará el total de los tiempos de transporte y, como consecuencia, los gastos del mismo, lo que, obviamente, se traducirá en incremento del conjunto de costes del subcontratista.

— El principal requisito previo de la producción Just-in-time es el nivelado de la producción o la producción en lotes reducidos. Cuando se pone en marcha por una gran empresa fabricante, el proceso requiere la instalación de máquinas multiuso y de rápidas preparaciones. Sin embargo, esto lleva consigo la obligación de que el subcontratista instale las mismas máquinas multiuso y cambios rápidos para proporcionar la pieza al precio calculado por la compañía ‘matriz en base a su propia producción o nivelada y bien equipada.

Respuestas de Toyota a las criticas

El principal problema planteado por la comisión para la lealtad en el Comercio ha sido a diferencia entre las cantidades ordenadas por el plan que predetermina la producción mensual y las resultantes de las instrucciones diarias del Kanban o de la secuencia de pedidos. La contestación de Toyota fu a siguiente:

---Toyota se compromete con sus proveedores que no dará comienzo por debajo del 10% del plan mensual y pide a los proveedores que soporten corno máximo esta diferencia.

---Puesto que un modelo de automóvil se produce generalmente para unos cuatro años, el proveedor no se verá seriamente te perjudicado por las oscilaciones mensuales, que se promediarán durante muchos meses.

— Toyota promete a sus proveedores que, antes de parar la producción de un determinado modelo, les informará por anticipado, estableciendo al propio tiempo la correspondiente compensación.

— Toyota se compromete con sus proveedores que no dará comienzo a la producción hasta haberles instruido en el sistema Kanban. No es probable, por ello, que lleven a cabo una producción excesiva.

— Para que el proveedor ajuste su producción a lo requerido, debe reducir el tiempo de fabricación de la misma. Toyota viene dando formación sobre cómo lograr tales reducciones.

Corno consecuencia de todo esto, entre los proveedores de Toyota no se plantea confusiones originadas por las revisiones del plan motivadas por el Kanban.

El autor confirma especialmente la respuesta Nº 2 de Toyota. Cuando la demanda de un agente va bajando, la cantidad de artículos retirados mediante Kanban será probablemente menor que la cantidad mensual predeterminada.

Si Toyota retira esta diferencia al finalizar el mes en cuestión, la cantidad informalmente indicada para el próximo mes sería más pequeña que la prevista anteriormente y, como resultado, el subcontratista se vería sorprendido por una súbita caída en los pedidos. Esto nunca sucedería en Toyota. De acuerdo con su sistema de producción, Toyota retira solo la cantidad que corresponde a la demanda del mes. Para conseguirlo, las cantidades ordenadas tanto por el Kanban como por la previsión mensual deben compensarse en los niveles de producción diarios. Como resultado, el proveedor no se verá confundido por una caída repentina en las unidades pedidas. El proveedor puede adaptarse a las fluctuaciones de la demanda suavemente, mediante un ajuste realizado durante el mes. La ventaja más notable del sistema Kanban, la adaptación a los cambios de la demanda mediante ajuste a las modificaciones del plan, comenzará a funcionar en este momento.

Respecto a los diversos problemas enumerados por la Sección de Subcontratación de la Comisión para la lealtad en el Comercio, el autor mantiene las siguientes opiniones:

— En relación con el riesgo de que el proveedor deba mantener grandes existencias, la mayoría de los problemas se resolverán si el fabricante principal cumple los diversos requisitos previos del sistema Kanban, especialmente el nivelado de la producción. Por tanto, si este problema aparece, el sistema Kanban no es adecuado, siendo responsabilidad del fabricante principal.

Supongamos, por otro lado, que un proveedor proporciona piezas a varios fabricantes y que sólo algunos de estos le aplican el Kanban. Dicho proveedor podría tener problemas, incluso si los fabricantes que utilizan el Kanban han completado los requisitos previos. No obstante, al haber adoptado el Kanban muchas empresas japonesas, el problema ha disminuido. La utilización del sistema Kanban está especialmente extendida en la industria del automóvil.

— Por lo que se refiere al problema del incremento de los costes de transporte debido a la mayor frecuencia de las recogidas, puede resolverse por el sistema de carga mixta rotativa y por el sistema de tres furgonetas explicado antes en este capitulo.

Si, como sucede en Estados Unidos, las largas distancias impiden un uso efectivo de estos sistemas, pueden considerarse las siguientes alternativas:

a. En lugar de subcontratar, el fabricante principal incorporaría los procesos de producción de piezas en su propia fábrica. En los Estados Unidos, los fabricantes de automóviles no se relacionan con subcontratistas tanto como sus colegas japoneses.

b. En lugar de cursar a los proveedores órdenes frecuentes relativas a lotes de tamaño reducido, la empresa cliente puede requerir lotes de mayor tamaño. Esta práctica puede observarse en el caso de los fabricantes japoneses de automóviles que envían piezas a. países extranjeros para la producción en éstos. Kawasaki Motórs USA. es un buen ejemplo de una compañía que ha adoptado el sistema Toyota de producción en los Estados Unidos (1979).

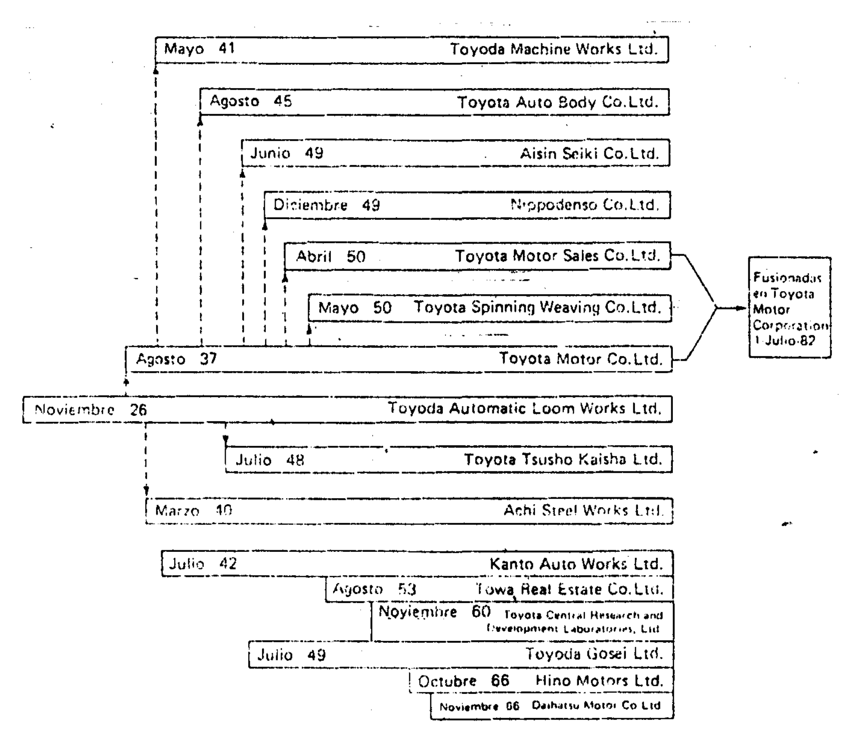
—En cuanto a las dificultades a que el subcontratista debe hacer frente para ofrecer sus piezas al precio requerido, el problema puede resolverse si el propio subcontratista adopta el sistema Toyota de producción. Este problema tiene también que ver con el expuesto en primer lugar. Incluso en el caso de que el fabricante principal haya nivelado su producción, el subcontratista podría no ser capaz de disminuir sus existencias y al mismo tempo, gestionar los frecuentes pedidos, salvo que se pueda cambiar rápidamente la producción de sus máquinas.

—Aunque Toyota se está esforzando en mantener en menos del 10% tas diferencias mensuales, algunos proveedores han informado que esas diferencias pueden suponer, más o menos, el 20 del plan mensual inicial. Sin embargo, si son capaces de adaptarse en sus propios procesos a los cambios de la demanda, dichas diferencias no les ocasionaran problemas serios. Por ejemplo, en 1981, la fábrica Kariya de Aisin Seiki Co.Ltd, tiene dispuesto un stock de seguridad para la entrega al cliente de 0,7 días. Filo significa que entrega piezas a. su cliente tres veces al día, manteniendo existencias de seguridad equivalentes a dos entregas al día (es decir, 2/3=0,7). El nivel del stock de seguridad indica la habilidad del proveedor para adaptarse.

Por otra parte, los subcontratistas deben también racionalizar sus sistemas de producción. No deben caer en la actitud cómoda de creer que la racionalización debe referirse sólo al fabricante principal, pues la racionalización disminuye los costes, y la reducción de costes constituye una obligación de ambos, fabricante y subcontratistas.
La fig. 3.9, muestra que la mayoría de los principales proveedores de Toyota formo alguna vez parte de Toyota Motor Corp. Entre tales compañías no existe el problema mencionado, puesto que cada una de ellas puede considerarse simplemente como otro proceso de producción de la fábrica Toyota.

Mr. Taiichi Ohno, impulsor original del sistema Toyota de producción, señala: "Para hacer realmente efectivo el sistema debernos reconocer sus limitaciones. Sólo si Toyota participa del mismo destino que su Industria auxiliar, formando con ella una comunidad, podría acercarse a la realización perfecta del sistema. Por esta razón, la Toyota Motor Co. está mejorando físicamente las capacidades de nuestra industria auxiliar, prestándole ayuda con nuestro personal de ingeniería. ''

En síntesis, el fabricante principal debe enseñar a los proveedores a poner en marcha el sistema Toyota y al propio tiempo el proveedor ha de aceptar francamente esta guía para una real implantación. Establecida una relación como la indicada, las existencias están actualmente desapareciendo de los almacenes de las empresas auxiliares de Toyota, incluso al segundo o tercer nivel.



Nota: las fechas correspondientes a Hino Motors, Ltd y Daihatsu Motors Co, Ltd,
se refieren al establecimiento de participación en el negocio con TMC.
Las demás fechas se refieren al establecimiento de las empresas

Fig. 3.9. - Formación del Grupo Toyota

Hay que añadir, sin embargo, que resulta en ocasiones difícil para el proveedor introducir un sistema Kanban propio, salvo que su empresa principal le envíe Kanban de proveedor con órdenes de cantidades niveladas.

Finalmente, ha de mencionarse brevemente otro problema: aunque no existe una clara resistencia al sistema entre los trabajadores de Toyota, algunos de ellos piensan que les obliga a trabajar con más intensidad. En estos momentos resulta difícil justificar dicho argumento con datos objetivos. Si tenemos en cuenta el aumento del número de sugerencias de los trabajadores durante el año, comprenderemos que el sistema respeta la condición humana de los trabajadores. El modo como Toyota ha resuelto el conflicto entre productividad y la dimensión humana, se discutirá en el Capítulo 9 (Véase también Murarnatsu y Tanaka, 1980. 1981). Resulta bastante evidente que el sistema Toyota de producción no puede ponerse en práctica en una empresa u organización en que los sindicatos se oponen al aumento de la productividad. Este punto podría ser una condición crítica capaz de restringir la aplicación del sistema. Salvo que exista oposición de los sindicatos, el sistema podrá en cambio, ser aplicado a cualquier empresa yen cualquier país.

Circulación del Kanban de proveedor en la fábrica matriz.

La línea de producción se encuentra generalmente a corta distancia del almacén de materiales o piezas, y en dicha situación, para requerir del proveedor los materiales habrán de seguirse las fases siguientes (el número de cada fase corresponde al número indicado en la figura 3.10.):

1. Cuando un trabajador de la línea de producción ve una caja de material vacía, pulsa el interruptor situado junto a la línea.

2. El control de material Andon situado junto al almacén de material encenderá una lámpara bajo la placa de metal indicadora del material en cuestión.

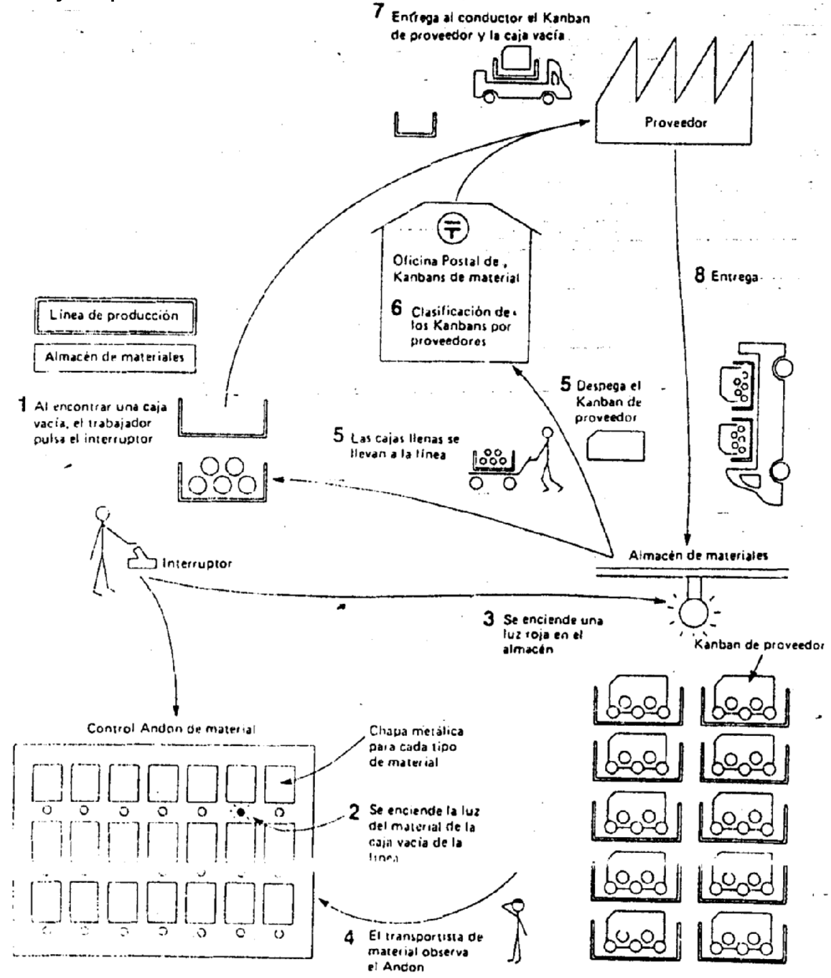


Fig. 3.10. - Control de material Andon para sistema de reposición

3. — Al mismo tiempo, se encenderá una gran luz roja en el almacén de materiales,

4.- El transportista de material mirara al control Andon para ver qué placa de metal se ha iluminado:

5. — Entonces, el transportista lleva la caja que contiene el material en cuestión a la línea. La caja contiene también el Kanban de proveedor, pero el transportista debe despegarlo antes de llevar la caja a la línea de producción.

6. — E] Kanban de proveedor se llevará a una estafeta para tales Kanban, donde se clasifican por proveedores como se clasifican en una estafeta de correos las cartas por direcciones.

7. —Los Kanban de proveedor, una vez procesados y clasificados se entregarán al conductor de la furgoneta para la posterior entrega al proveedor. Las cajas vacías se cargan asimismo en la furgoneta.

La chapa de metal corresponde a cada tipo de material, que constituye un elemento del control Andon es, esencialmente, un tipo de Kanban de transporte. En la Aisin Seiki Co.Ltd., esta chapa de metal se denomina Kanban y no existen en cambio Kanban en las cajas de material situadas junto a la línea de producción. Sin embargo, aunque el autor ha visto una chapa de metal similar en la fábrica

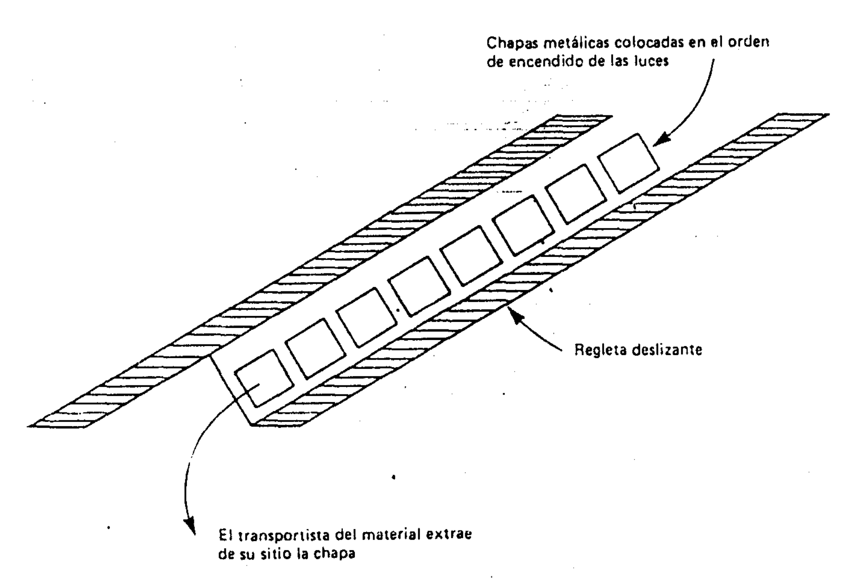


Fig. 3.11. —chapa metálica sobre regleta deslizante

Honsha de Toyota, Toyota no la denomina Kanban y cada caja de material situada junto a la línea contiene un Kanban estándar de proveedor.

La fábrica Honsha de Daihatsu Motor Co.Ltd.., que tiene una compañía con participación de Toyota, utiliza asimismo una .chapa deslizante lineal, como la representada en la figura 3.1. En esta fábrica, las chapas de metal, cuya luz se ha encendido, se colocan en la hilera siguiendo el orden de encendido de sus lámparas. El transportista retirara entonces la chapa de su lugar recoge los materiales designados por las chapas de varias secciones de la fábrica y los lleva a la línea. El control Andon o el tablero de chapas de metal tienen formas diferentes en distintas compañíías, pues cada una de ellas crea su propia forma.

El interior de la oficina Postal para Kanban de proveedor se muestra en la Fig. 3.12. Su localización es próxima al almacén de materiales o bien en su interior. Recientemente, sin embargo, las empresas están procesando por ordenador los Kanban de proveedores.

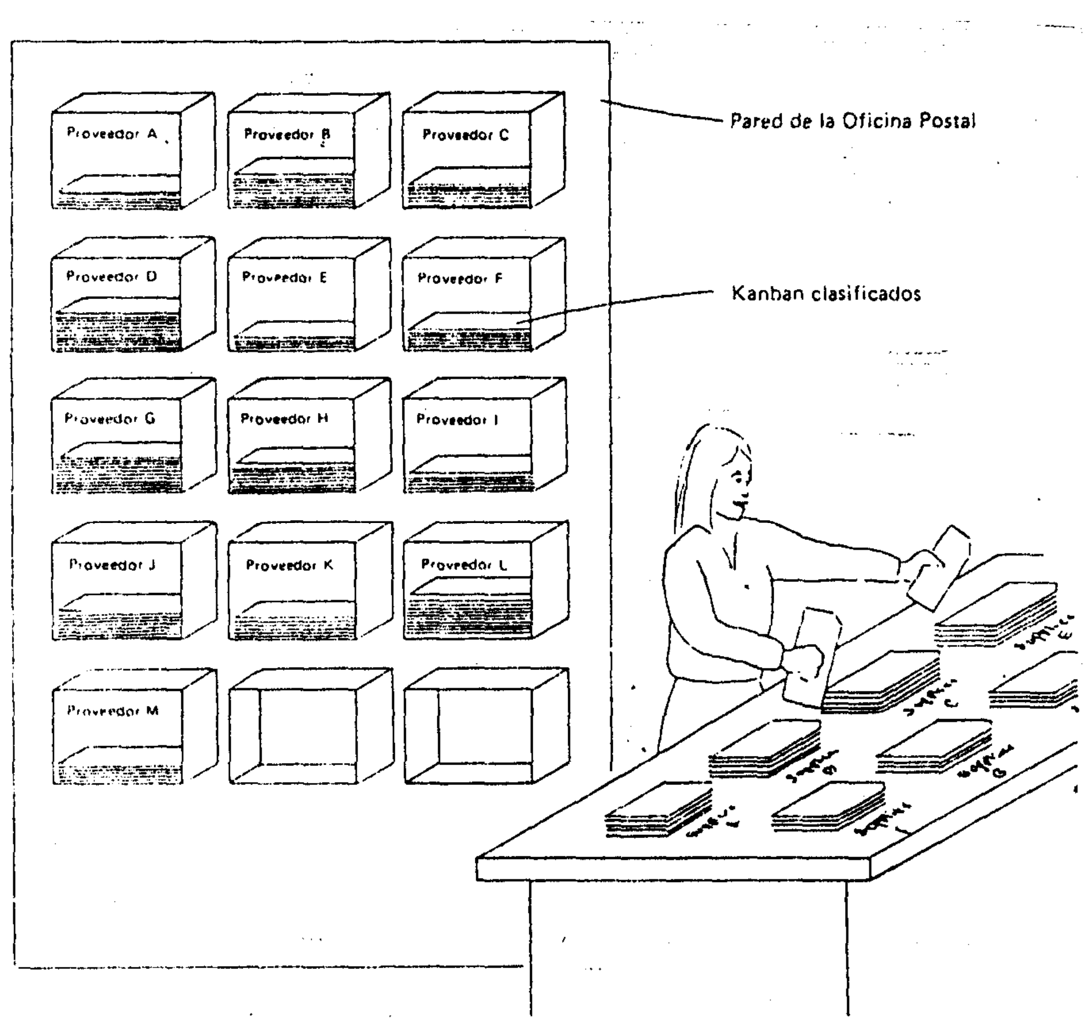


Fig. 3.12. - Oficina Postal de Kanban de Proveedores

Capítulo 4

El Nivelado de la Producción ayuda a Toyota a adaptarse a los cambios de la demanda y a reducir existencias.

La finalidad última del sistema Toyota de producción es el incremento de resultados mediante la reducción de costes. La reducción de costes es a su vez posible por la eliminación de ineficiencias, especialmente en existencias innecesarias. Este propósito se consigue mediante la producción Just-in-time. En las ventas, el concepto Just-in-time se pone en práctica proporcionando los productos vendibles sólo en cantidades vendibles. A esta situación se llega como una producción adaptable con rapidez a las modificaciones de la demanda. Como resultado, se obtendrá la eliminación del exceso de existencias de productos terminados,

En Toyota, el procedimiento para adaptar la producción a la demanda variable se denomina nivelado de la producción. Mediante el nivelado de la producción, una línea de producción no fabricará un tipo único de producto en grandes series; sino que producirá muchas variedades diarias como respuesta a la demanda cambiante de los consumidores, corno consecuencia se mantiene actualizada la producción y se reducen las existencias.

La figura 4.1., analiza las dos fases del nivelado de la producción. La primera fase expresa la adaptación a los cambios de la demanda durante el año (adaptación mensual); en la segunda fase, la adaptación a los cambios diarios de la demanda durante el mes (adaptación diaria) La adaptación mensual se conseguirá por medio de la planificación mensual de la producción: la elaboración de un programa maestro de producción indica el nivel medio diario de producción en cada proceso de la fábrica. Este programa maestro de producción se basa en un pronóstico de la demanda a tres meses y en un pronóstico de la demanda mensual

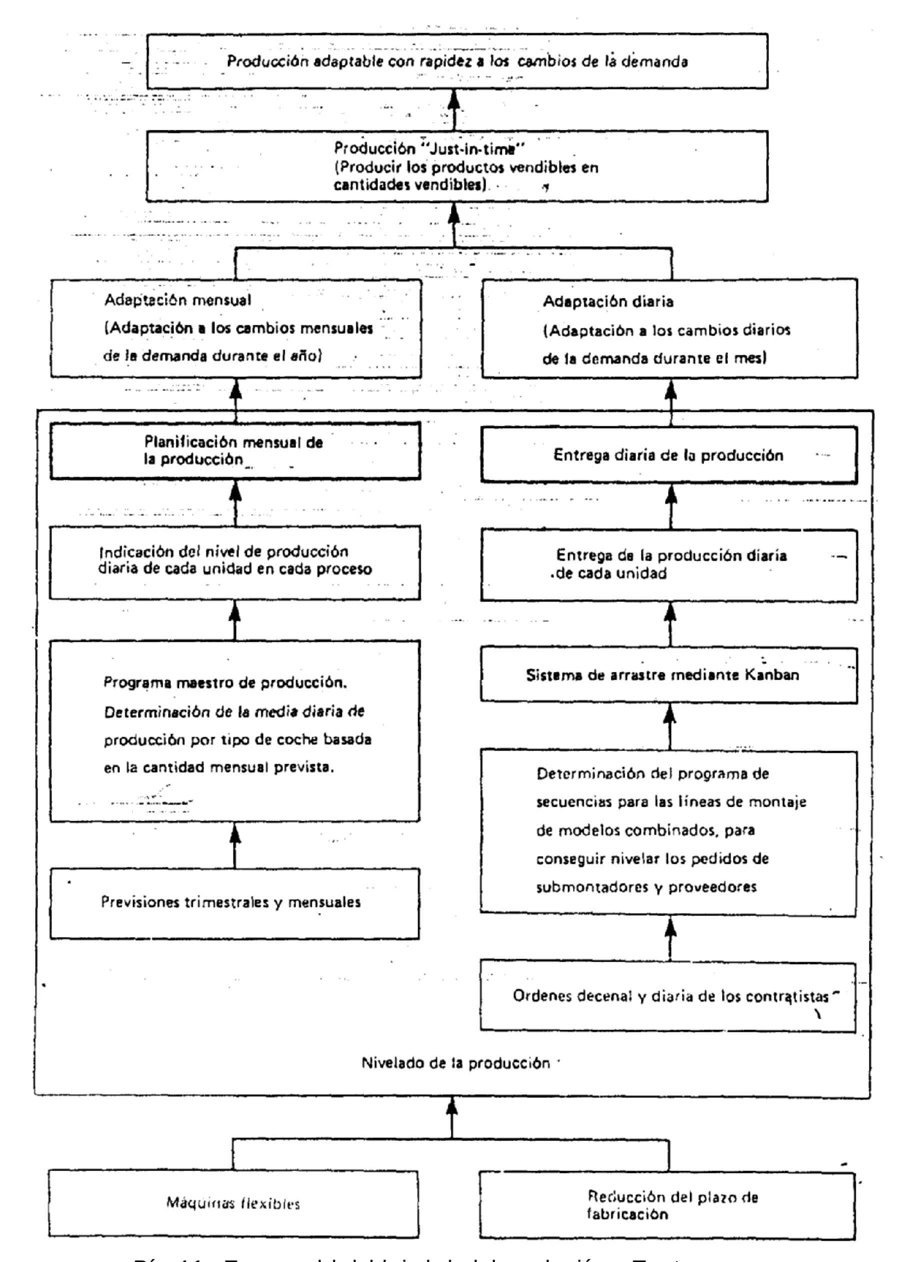
La fase siguiente, adaptación diaria, se hace mediante la realización de las entregas diarias de la producción.

Esta es la misión del sistema Kanban de nivelado de la producción, que la realización de la producción diaria se efectúe mediante un sistema de arrastre: el Kanban y una secuencia del programa de montaje. Sólo combinando un montaje de modelos según un programa de secuencias en la línea, puede Toyota nivelar los pedidos a sus proveedores y submontadores.

Pero corno la producción no puede nivelarse sin una reducción del tiempo de ejecución, discutiremos este tema en el Capítulo 5 y reservamos el presente Capítulo para analizar los dos aspectos antes mencionados del nivelado de la producción, además de una comparación entre el sistema Kanban y otro sistema de información sobre la producción denominado MRP en términos de adaptabilidad.

Planificación mensual de la producción.

La Toyota Motor Corp. posee un plan anual de producción que indica el número de coches a fabricar y vender en el corriente año, así como un plan mensual instrumentado en dos etapas, en la primera de ellas se estiman los tipos y el número de coches con dos meses de antelación y después se determina un plan detallado con un mes de antelación. Tanto la información estimada corno la determinada se comunican a las empresas subcontratistas. A partir del programa mensual de producción, se establece el programa diario de producción. En el sistema Toyota, este programa diario es particularmente importante porque incorpora el concepto de nivelado de la producción.



Pág. 4.1. - Esquema global del nivelado de la producción en Toyota

El nivelado de la producción debe extenderse a dos áreas: la media total de producción diaria de un producto y a la cantidad media de cada variante de productos en el total. Por ejemplo, en una fábrica de Toyota existen numerosas líneas finales de montaje la línea Corona , la línea Crown, la línea Celica, etc.- Supongamos que la línea Corona tiene que producir 20.000 unidades en un mes de 20 días laborables, lo que significa que habrán de producirse 1 000 Coronas diarios. Esta es la nivelación de la producción en términos de producción diaria, es decir, de promedio de cantidad total a. producir cada día.

Pero, al propio tiempo, la línea Corona ha de ser nivelada en términos de las distintas variantes de Coronas posibles. La línea Corona monta aproximadamente 3.000 ó 4.000 tipos diferentes entre si por diversas combinaciones de motores, transmisiones, aceleradores, número de puertas, colores interiores y exteriores, neumáticos y opciones diversas. Cada uno de estos tipos diferentes de Coronas debe asimismo nivelarse en la producción diaria. Supongamos que hay cuatro tipos principales de automóviles en la línea Corona y que el número de días laborables al mes es de 20. La cantidad media diaria de cada tipo se indica en el Cuadro 4.2.

Tipos	Demanda mensual	Salida media diaria	Ciclo de fabricación	Unidades por cada 9 min. 36seg
A	8000 unidades	400 unidades	480 min. X 2 turnos	4 unidades
B	6000	300		3
C	4000	200	1000 unidades x .96 min./unidad	2
D	2000	100		1
	20000 unidades	1000 unid x día		10 unidades

Cuadro 4.2. - Nivelado de la cantidad de cada producto a producir cada día.

Al final del mes anterior, cada línea recibirá información sobre la cantidad media diaria de cada variante. Esta información, junto con otros datos del plan, se calcula por ordenador en el departamento central de control de producción. (En el Apéndice 3 se detalla la utilización del sistema de proceso de datos para el cálculo del plan mensual de producción.

Cuando el proceso de producción reciba el programa mensual con la producción media diaria, debe adaptarse a la nueva información. Por ejemplo, la carga de una máquina se fija ordinariamente alrededor de un 90% de su capacidad total y cada trabajador, operando como polivalente, debe manejar como mucho diez máquinas. Si la demanda se incrementa, pueden contratarse trabajadores temporalmente y cada trabajador podrá manejar más de diez máquinas, con el 1 00% de utilización de la capacidad de cada máquina. Sin embargo es necesario disponer de máquinas en las que un trabajador recién contratado e inexperto alcance plena eficiencia en un plazo de tres días. En las líneas de montaje, por ejemplo, si un trabajador realiza el trabajo en un ciclo de un minuto, podrá conseguirse realizar el mismo trabajo en un ciclo de 30 segundos incrementando el número de trabajadores eventuales. Como resultado, se duplicará la cantidad de producción.

Este punto de vista puede aplicarse igualmente en los planes a largo plazo para capacidades adicionales de hombres y máquinas.

Toyota puede adaptarse en un plazo relativamente corto al incremento de la demanda, mediante horas extraordinarias que llenen el espacio libre entre el primer turno (de 8 de la mañana a 5 de la tarde) y el segundo turno (de 9 de la noche a 6 de la, mañana): consiguiendo un aumento de capacidad de hasta el 37,5%. Además, con diversas mejoras en cada proceso se puede dejar capacidad libre para utilizar en el periodo de aumento de la demanda.

Por otro lado, si la demanda disminuye, la adaptación resulta considerablemente más difícil, pero pueden tomarse medidas. En los procesos de fabricación de piezas, se puede aumentar el número de máquinas manejadas por cada operario y disminuir los trabajadores eventuales. En la línea de montaje, el ciclo de fabricaciones aumentará debido a la reducción de la demanda.
¿Cómo utilizar los excedentes de mano de obra? Toyota opina que es mejor dejar que los trabajadores sobrantes tomen un descanso que producir existencias innecesarias. He aquí algunos ejemplos de actividades que pueden organizarse durante un período de baja actividad:

- Transferencia de trabajadores a otras líneas.
- Disminución de horas extraordinarias,
- Reuniones de círculos de calidad.
- Prácticas en mejoras de preparación.
- Mantenimiento y reparación de las máquinas.
- Mejora de herramientas e instrumentos.

• Reparación de escapes y fugas en la fábrica.
• Fabricación de piezas que venían siendo adquiridas a los proveedores.

El objetivo principal es la mejora del proceso para atender la demanda con un mínimo número de trabajadores. Sin embargo, aunque el concepto de mínimo número de trabajadores es importante. Toyota no considera necesario atender la demanda con un mínimo de maquinas. Puesto que la empresa tiene normalmente exceso de capacidad en máquinas, cuando la demanda se incrementa sólo se necesitan trabajadores eventuales para aumentar rápidamente la capacidad efectiva de producción.

Como en 1982 Toyota no tenía trabajadores eventuales, aunque algunas de las compañíías que se integran en el grupo Toyota tenían algunos, en vez de contratar y despedir después trabajadores eventuales, Toyota utiliza horas extraordinarias y transferencia de trabajadores entre diferentes líneas para adaptarse los cambios de la demanda.

Entrega de la producción diaria.

Programa de secuencias y Kanban como instrumentos para su ordenación del trabajo durante el mes.

Tras el cálculo del plan mensual de producción, la siguiente fase del nivelado es la preparación del programa de secuencias de cada día, que especifica el orden de montaje de los diversos coches a través de las líneas finales de montaje: por ejemplo, A—B--A—C, etc. La secuencia se calcula para que, cuando termine el ciclo de fabricación se acabe un coche, antes de que se introduzca en la línea el siguiente

El aspecto más característico del sistema Toyota dé información radica en que el programa de secuencias se comunica sólo al punto de partida de la línea final de montaje y no a otros procesos. En otros sistemas, cada proceso de producción debe ser informado de su programa particular desde la oficina central de información, como sucede en el M.R.P. (Material Requirement Planning). En Toyota, sin embargo los procesos anteriores a la línea final de montaje, tales como mecanización, fundición o estampación, reciben sólo estimaciones mensuales de las cantidades que les serán requeridas. De las previsiones mensuales, el supervisor de cada proceso puede inferir las necesidades de personal para el mes en cuestión.

Cuando la línea final está montando un coche utilizando las piezas almacenadas junto a ella, se despega el Kanban de transporte de esta pieza. Un operario recoge las piezas del proceso anterior y éste a su vez entonces las producirá en las cantidades exactas que han sido retiradas. Por ello, los procesos precedentes no necesitan el programa de secuencias por anticipado; en otras palabras, el Kanban funciona de modo que las instrucciones de producción van hacia atrás, escalonadamente, por los procesos anteriores.

Método secuencial para el nivelado de la producción.

¿Cómo se determina la secuencia d programas? En el caso del cuadro 4.2.- producción a intervalos de 9 minuto 36 segundos de los tipos A, B, C y D - la secuencia sería, AAAA, BBB, CC y D, o bien o Ira más complicada: A. B, A, C, 13, A, D, A, 13, C, etc.

Conseguir la secuencia óptima de programas de producción combinada resulta en ocasiones difícil, pero Toyota está intentando determinarla mediante la aplicación de un

programa heurístico de ordenador. La perfección de la secuencia se conseguirá en la utilización de cada pieza, manteniendo constantes la velocidad y la cantidad en el flujo de salida. Siguiendo el sistema Kanban de arrastre puede minimizarse la variación del consumo de cada pieza por la línea final de montaje. Para ello, la cantidad consumida por hora o la velocidad de consumo de cada pieza en la línea final de montaje deben mantenerse tan constantes como sea posible. En el Apéndice 2 se detalla el método de secuencia de Toyota. (Denominado "Método de seguimiento de objetivos").

Transmisión del programa de secuencias a la línea de montaje.

En la línea de montaje, los operarios necesitan conocer sólo qué tipo de coche es el próximo a montar. Para recibir dicha información, la línea final de montaje utiliza una impresora o una pantalla terminal de un ordenador. La información citada se transmite en tiempo real a la impresora o pantalla situados en la cabecera de la línea de montaje, siguiendo el programa de secuencias determinado por el ordenador central. Entre otra información, la terminal proporciona para cada coche una etiqueta que identifica las especificaciones del tipo concreto de vehículo a montar. Los operarios de la línea montarán el vehículo siguiendo las especificaciones de la etiqueta. Aunque la etiqueta o secuencia de programas se utiliza sólo en la línea de montaje, el Kanban se utiliza para controlar las cantidades producidas en un gran número de procesos de la fábrica, como fundición, forja y mecanización de las piezas a montar.

Sin embargo la etiqueta o programa de secuencias se aplica en muchos casos no sólo a la línea final de montaje (carrocería) sino también en otras líneas de montaje de piezas o a proveedores que fabriquen elementos de tamaño considerable, como transmisiones, motores, etc. Se basa en la idea del sistema secuencia de pedidos. El programa de secuencias de las variantes de productos terminados a fabricar en las líneas de submontaje, se entregan a veces a dichas líneas o al proveedor, y así la línea final de montaje puede retirar tales piezas en una secuencia conforme a sus programas de montaje. Todos los demás procesos de producción y los proveedores reciben, como información para su trabajo, Kanban o sistema de reposición.

La línea de montaje de Toyota está utilizando actualmente una impresora o una pantalla para conocer en tiempo real el programa de secuencias. La impresora se utiliza, principalmente, para conservar en la línea de montaje algunos comprobantes de la secuencia. Si no se requiere ningún comprobante se utiliza una pantalla. Toyota utilizaba en otro tiempo el teletipo. En aquella época, de acuerdo con el programa de secuencias impreso por el ordenador en la oficina central, el personal de esta oficina escribía una cinta de papel conteniendo, para cada coche individualizado, especificaciones tales como tipo, transmisiones, neumáticos, etc. y la cinta se transmitía luego eléctricamente a las cabeceras de línea de montaje tales como carrozado, motor, transmisión, etc.

Un proveedor del grupo Nissan (Nissan ha adoptado también el sistema Kanban llamándolo "Action Plate Method" o APM) utiliza un télex para recibir órdenes de Nissan a su línea de montaje. Otro ejemplo puede verse en la utilización de una cinta magnética transportada por un conductor. Los sistemas de comunicación, en Toyota, continúan desarrollándose con la evolución de los medios de información.

Relaciones entre órdenes decenales, orden diaria y secuencia de programas.

El pedido de un vendedor se coloca en el programa de secuencias en la línea final de montaje, de la siguiente forma:

1. Llegada de un Programa decenal del vendedor a Toyota Motor Sales Co.Ltd,
2. Envío de un pedido diario (o de una modificación diaria) del vendedor a Toyota Motor Sales Co.Ltd.
3. Envío de una orden diaria de Toyota Motor Sales Co.Ltd. a Toyota Motor Co.Ltd.
4. Actualización del programa diario de secuencias a las fábricas de Toyota y a los proveedores.

Examinemos ahora estas etapas:

1. El mes se divide en tres períodos decenales y el pedirlo decenal llegará unos siete días antes de que comience uno de tales períodos, como se ve en la figura 4.3.

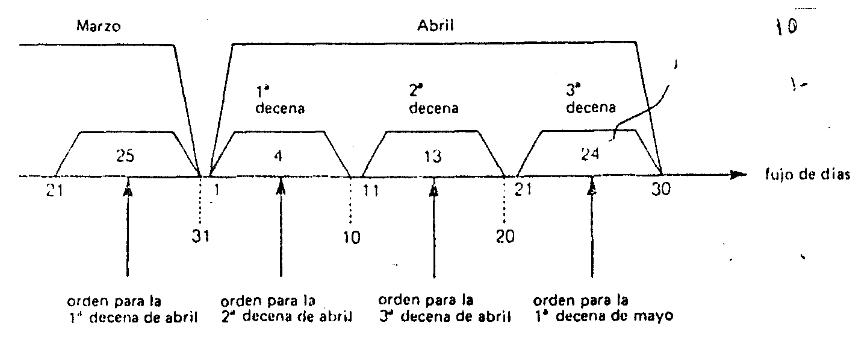


Fig. 4.3. - Orden decenal dejos distribuidores

En el pedido decenal, el vendedor debe anticipar sus necesidades de automóviles con especificaciones estándar, por ejemplo aquellos automóviles que están vendiéndose en grandes cantidades. La Toyota Motor Co.Ltd., utiliza estos pedidos decenales para revisar el plan de nivelado de la producción para el programa diario. En otras palabras, aunque el plan que predetermina la producción mensual se basa en una previsión de ventas, los pedidos .decenales se basan en una previsión más actualizada de las ventas mensuales de los vendedores. De este modo, Toyota puede revisar sus cantidades medias al preparar los programas de secuencia diarios.

2. Cada día, la oficina principal de Toyota Motor Sales Co. recibe los pedidos diarios de todos sus distribuidores en el país. Como se advierte en la Fig. 4.4., estos pedidos u. órdenes se reciben en Toyota Motor Corp. cuatro días antes de la salida de cadena del coche en la línea de montaje de la carrocería. El plazo de entrega es muy corto para estas órdenes. El vendedor basa actualmente estos pedidos (llamados modificación diaria) en la demanda real de los consumidores, por tanto todas las órdenes o pedidos se actualizan al minuto.

La orden diaria difiere del pedido decenal en que se especifica de acuerdo con los deseos concretos de los clientes, esto es, especifica y detalla las opciones y preferencias que el vendedor puede no tener en su almacén. Toyota utiliza la orden diaria para revisar sus órdenes decenales y basar en ellas su producción y su entrega.

3. El ordenador de Toyota Motor Sales Co. clasifica las órdenes de los vendedores según las variantes de coches, tipos de carrozado, motores, calidades, transmisiones y colores. Esta información clasificada se proporcionará a Toyota Motor Co. tres días antes de la salida de cadena de los coches. No es exagerado

subrayar la importancia de esta información, que indica a la fábrica las cantidades de producción realmente necesarias.

4. Inmediatamente después de que Toyota Motor Co. recibe la. orden diaria de sus vendedores asociados, preparará el programa de secuencias para la línea de montaje de modelos combinados. Este programa de secuencias se envía, con la mayor rapidez, justamente dos días antes de que el automóvil salga de la cadena de montaje. Adviértase de nuevo que el programa de secuencias se prepara y envía cada día. La Fig. 4.4. expresa el proceso de la etapa 2 a la 4.

Corno resultado de este proceso de ordenación en cuatro fases, un coche saldrá de la línea de montaje sólo cuatro días después de que el vendedor haya pasado su pedido a Toyota Motor Sales Co.: el plazo actual de fabricación es de un solo día, mientras que el de transporte y distribución será distinto según los clientes, por causa de las diferencias geográficas. Estas etapas no se han modificado tras la fusión de Toyota Motor Sales Co. con Toyota Motor Co. el 1 de julio de 1982, puesto que ambas Compañías son simplemente las divisiones comercial y de producción de la misma entidad (Toyota Motor Corp.).

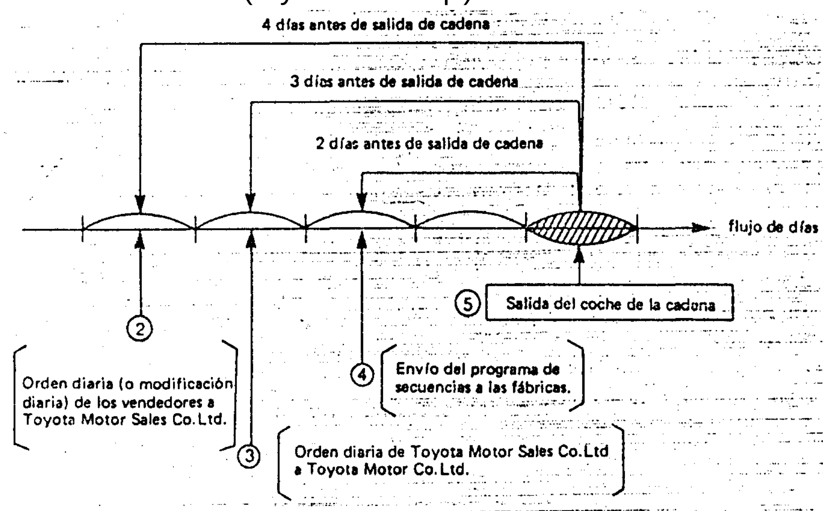


Fig. 4.4. - Pasos sucesivos desde la orden del vendedor a la salida de cadena del coche

La adaptación diaria a la demanda actual de los diversos tipos de automóviles durante un mes, constituye el ideal de la producción Just-in-time, que requiere a su vez el nivelado diario de las piezas retiradas de las líneas de submontaje y de los proveedores.

La flexibilidad de las máquinas, como soporte al nivelado de la producción.

Como el nivelado de la producción requiere cada día la fabricación de muchas variantes de productos en la misma línea, resulta complicado y difícil conseguir las variantes que demanda el mercado. Afortunadamente, Toyota ha desarrollado instalaciones para resolver el conflicto entre las variantes del mercado y el ideal de nivelado de la producción por medio de la utilización en la línea de máquinas multifuncionales. La máquina especializada es un medio de reducir costes en la fabricación en serie, pero no resulta apropiada para productos variados de series cortas. Es necesario, por lo mismo, implementar en estas máquinas especializadas aparatos y útiles que las conviertan en máquinas generales del tipo requerido en las fábricas de Toyota.

Otro medio mecánico de conseguir el nivelado de la producción es el FMS (Flexible Manufactoring System). En sentido estricto, el FMS es un sistema automático de producción que consiste en instrumentos de proceso y de transporte automáticos, instrumentos de manipulación de material y un sistema microordenador que controla dichos instrumentos. Las funciones del FMS controlan de modo automático las alteraciones en las especificaciones, en el tiempo de proceso, tamaño del lote, etc., utilizando el programa de producción memorizado en el microordenador.

La introdución del FMS hace a una fábrica capaz de responder a las numerosas variantes de modelos y series .cortas de producción, por medio de hardware. Sin embargo, Toyota no ha llevado a cabo en este aspecto avances similares a los conseguidos en otras áreas de producción - el FMS no se ha aplicado por ahora en todo el grupo Toyota, aunque sí ha logrado importantes progresos en el uso de máquinas generales y de control automático. Sin embargo, este progreso puede lograrse mediante grandes inversiones en instalaciones adecuadas para hacer frente a la producción: En este caso, el sistema Toyota de producción puede crear algunos problemas a las industrias pequeñas y medianas.

Comparación del sistema Kanban con el M.R.P.

Desde el punto de vista de la adaptación de la producción a los cambios mensuales de la demanda, tanto el MRP como el Kanban aspiran a realizar la producción Just-in-time. Para la técnica MRP es muy, importante el concepto de plazo de planificación, que puede definirse como un período de tiempo específicamente asignado a la fabricación de cierta cantidad de unidades. La aplicación del sistema Kanban a la producción de un día responde en algún sentido a dicho concepto, si bien un día resulta un período de corta duración y el sistema MRP se extiende como mínimo a una semana. El sistema MRP requiere además el concepto de decalaje en el tiempo para, en la elaboración de programas, introducir los plazos de planificación para el envío de piezas de un producto según sus tiempos de ejecución.

El sistema Kanban no necesita esencialmente el concepto de decalaje en el tiempo, puesto que se basa en una producción nivelada. Sin embargo, el ciclo de entrega debe tenerse en cuenta en la determinación del número de Kanbans basada en el tiempo de ejecución de los procesos de fabricación (véase figura 2.4. y Apéndice 1). En caso de que algunas circunstancias —por ejemplo, producción bajo pedido con series muy cortas —hagan muy difícil el nivelado de la producción, puede resultar más apropiado el MRP. Para el nivelado de la producción, debe haberse programado cierta cantidad diaria de fabricación de productos.

El sistema Kanban requiere que, antes de comenzar la fabricación, haya circulado por toda la fábrica un programa global de producción. Este plan general se denomina en el MRP programa maestro y resulta de gran Importancia, por tratarse de una meta a mantener de modo riguroso. En el sistema Kanban este plan general, no es en sentido estricto, una meta esencial de la producción, sino que sirve únicamente de marco para preparar la organización general de la fábrica en materiales y operarios en cada proceso

En consecuencia, en el sistema MRP debe hacer una revisión, al final de cada intervalo de planificación de la producción, para comparar la producción prevista y la actual. Si en dicha revisión aparece alguna diferencia entre ambas, han de tomarse acciones correctivas. Puesto que cada intervalo de planificación dura al menos una semana, el programa maestro habrá de revisarse semanalmente.

El sistema Kanban no necesita una comparación entre la producción prevista y la realizada efectivamente al final de cada intervalo es decir, con carácter diario puesto que estas comparaciones deben extenderse por fuerza más allá del proceso diario de producción y de la entrega diaria de lo producido mediante Kanban. Si el plan diario de fabricación del programa de secuencias requiere una revisión, dicha revisión se basara en las órdenes diarias de los vendedores y reflejará las condiciones diarias del mercado.

Por lo demás, dado que el Kanban circula desde la línea final de montaje a los procesos anteriores, basta notificar a la línea final de montaje cualquier cambio en la secuencia, para que dicha modificación se realice de modo concordante al total de la fábrica. Por esta razón el sistema Kanban se caracteriza como un "sistema de arrastre", mientras otros procedimientos, como el MRP, se caracterizan como "sistemas de empuje", ordenándose este empuje desde la oficina central de planificación.

No obstante, el sistema Kanban puede ser compatible con el MRP. Después de efectuar con MRP el programa maestro, el sistema Kanban se aplicará corno instrumento para la realización de la producción en cada intervalo: Yamaha Motor Co.Ltd., está empleando este método como "Synchro MRP" (Véase Mori y Harmon (1980) y Hall (1981)).

Capítulo 5

Reducción en Toyota del Plazo de Fabricación

El propósito de la producción Just-in-time en Toyota es la adaptación diaria a la demanda de los diversos tipos de automóviles. A su vez, la producción Just-in-time requerirá el nivelado diario de las distintas piezas que serán retiradas de las líneas de submontaje y de los proveedores, a fin de minimizar la variación en estos consumos de piezas. Para ello, habrá qué reducir notablemente el plazo de fabricación de cada pieza para producir diariamente una gran variedad de piezas. En los capítulos anteriores se ha explicado cómo el ideal de Toyc5ta de adaptación de la producción a las modificaciones diarias de la demanda presenta, al final de cada mes, una diferencia del 10 /o entre las cantidades de producción predeterminadas por el plan mensual y las emitidas diariamente mediante el Kanban y el programa de secuencias. Con vistas a prevenir esta diferencia, que origina problemas de exceso de existencias o de personal, Toyota debe estar preparada para iniciar una fabricación inmediatamente que se recibe un pedido del cliente. Los proveedores, de modo especial, deben disponer de medios de producción rápidos puesto que, si producen sin

esperar a que Toyota les envíe su pedido Kanban, tendrán que soportar un exceso del 10% de existencias; por tanto, deben estar preparados a producir de modo inmediato, tan pronto cono reciban el pedido. Naturalmente, la fabricación en un plazo tan corto requiere una reducción considerable del plazo de fabricación de modo que un motor cuyo lanzamiento se inicia, por ejemplo, a las 8 de la mañana, deberá estar dispuesto para su instalación en un coche terminado que sale de la cadena de montaje a las 5 de la tarde.

"A esta reducción de plazo de fabricaci6n pueden atribuírsele las siguientes ventajas:

— Toyota puede efectuar una producción orientada a los pedidos, de forma que se requiera únicamente un corto plazo para entregar a un consumidor un coche específico.

— La empresa puede adaptarse con gran rapidez a las modificaciones de la demanda, por lo que el volumen de existencias de productos terminados a mantener por la división de ventas de Toyota podrá minimizarse.

— Los stocks en curso pueden disminuir de modo significativo, al hacerse mínimo el tiempo de producción no equilibrada entre los diferentes procesos y también por la reducción del tamaño del lote.

— Cuando se lleva a cabo un cambio de modelo, la cuantía de los stocks obsoletos es muy pequeña.

El tiempo de ejecución de un producto — suponiendo que la fabricación se lleve a cabo en una fábrica multiproceso consta de tres componentes: tiempo de elaboración para proporcionar un lote a cada proceso, tiempo de espera entre procesos y tiempo de transporte entre procesos. La figura 5.1.muestra el modo como Toyota minimiza el tiempo requerido por cada uno ele los tres componentes.

Producción y transporte por unidades. Concepto de cinta de transporte invisible.

Como primera fase para reducir el tiempo de ejecución, Toyota ha perfeccionado el concepto de montaje en cadena con el sistema de cinta de transporte que caracteriza al sistema de Ford. Este sistema de transporte, en su forma estándar, opera según cierto intervalo de tiempo en el que una unidad de un automóvil terminado sale de la línea final de montaje. El tiempo de operación más transporte de cada proceso en esta línea debe igualarse. Por ello, la línea de montaje de be dividirse para que el tiempo de operación de cada puesto de trabajo sea el mismo y con ello las operaciones respectivas pueden comenzar y terminar precisamente al mismo tiempo. El tiempo de transporte entre puestos de trabajo de la línea debe hacerse igual o, dicho en otros términos, el tiempo de transporte entre puestos de trabajo debe comenzar y terminar al mismo tiempo. En el sistema de Ford, la cadena o cinta de transporte se utiliza para igualar los tiempos de transporte entre procesos.

La idea básica del sistema Toyota de producción radica en un concepto similar al sistema de cadena. De acuerdo con el sistema de cadena, en cada ciclo puede producirse una unidad de automóvil y,

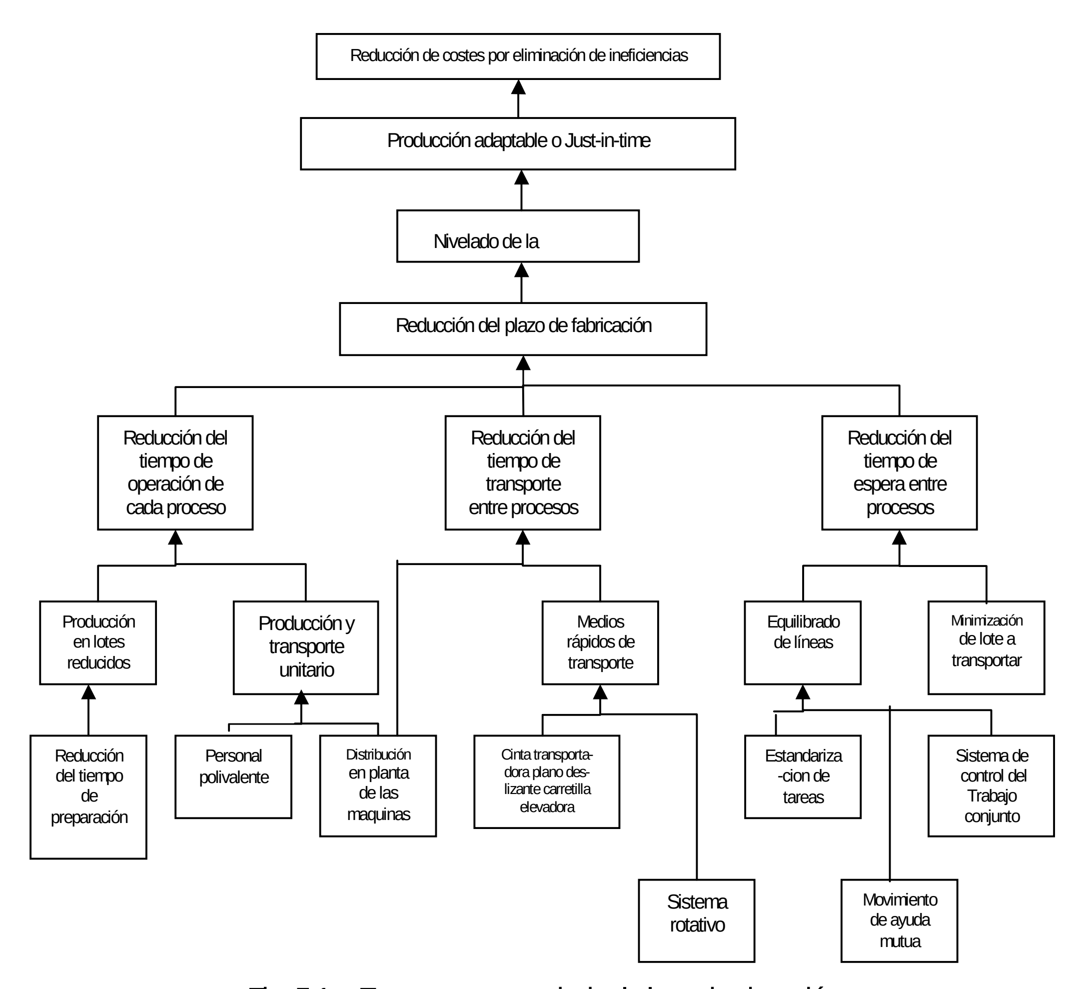


Fig. 5.1. - Esquema pare reducir el plazo de ejecución

Simultáneamente, cada unidad que sale de un proceso de la línea se envía al proceso siguiente. El ciclo de fabricación es el tiempo total que consta del tipo igualado de operación y del de transporte. En Toyota un flujo de producción como éste se denomina producción y transporte por unidades. (“Ikko Nagare”)

Aunque este concepto prevalece en la actualidad casi en la mayoría de los sistemas de línea de montaje de las empresas, los procesos de fabricación de piezas para proporcionarlas a la línea de montaje se basan generalmente en la producción por lotes. Por lo demás, el tamaño de los lotes es todavía demasiado grande.

Toyota, sin embargo, ha extendido la idea de flujo unitario en procesos como mecanización, soldadura, estampación, etc. Incluso si en un proceso no se ha introducido la producción por unidades, la operación se reduce a producción en pequeños lotes. De este modo, las fábricas de

Toyota están llevando a cabo flujos de producción por unidades para el conjunto de la planta, conectando todos ellos a la línea de montaje. En este sentido, el sistema Toyota de producción es una ampliación (le la idea anterior del sistema Ford.

Operarios polivalentes

Para conseguir el objetivo de la producción por unidades, Toyota ha dispuesto la organización de nuevas secciones de trabajo orientadas a líneas de multiprocesos manejadas por operarios polivalentes. La distribución en planta de las máquinas se ha modificado para que cada trabajador pueda manejar varios tipos diferentes de máquinas al mismo tiempo.

En los procesos de fabricación de engranajes, por ejemplo, cada trabajador atiende a 1 6 máquinas.

Contrariamente a muchas situaciones típicas defábricaci6n en que un operario trabaja con solo un tipo de máquinas, la línea de Toyota comprende 16 máquinas que realizan diferentes tipos de operaciones:
Esmerilado, corte, etc. El trabajador polivalente comienza por tomar una unidad de engranaje del proceso anterior y colocarla en la primera máquina. Al mismo tiempo, retira otro engranaje ya trabajado en esta máquina y lo coloca en una cinta deslizante frente a la máquina siguiente. Luego, mientras él mismo se dirige a la segunda máquina, pulsa un interruptor situado entre la primera y la segunda máquinas, para parar la primera. Realiza una operación similar respecto a la segunda máquina y se dirige a la tercera máquina, pulsando asimismo un interruptor para detener la segunda, y así sucesivamente hasta haber trabajado con las 1 6 máquinas y volver a la posición inicial. Para ello se cuenta exactamente con el ciclo de fabricación necesario, acaso cinco minutos, por lo que una unidad terminada de engranaje deberá realizarse por completo en cinco minutos.

Siguiendo este método, el trabajo en curso de cada máquina supone sólo un artículo, con lo que se consigue el objetivo de producción y transporte unitario entre los diferentes tipos de maquinas minimizándose el nivel de existencias y reduciéndose además el tiempo de ejecución. Esta reducción ayuda a Toyota a adaptarse con rapidez a los cambios de la demanda a los pedidos de los clientes.

Por otra parte, en una planta típica de mecanización, un tornero maneja solamente un torno y un soldador una máquina de soldar. La organización en planta de la maquinaria consiste con frecuencia en una disposición en secciones de 50 6 100 tornos. Una vez terminado el proceso de torneado, el material pasará, en grandes lotes, al proceso de taladrado y, terminadas éstas operaciones, también en grandes lotes al proceso de fresado y así sucesivamente. Aunque cada proceso utilice cinta transportadora, el flujo no circula como producción y transporte unitario.

Aunque fabricación en lotes amplios puede minimizar el coste medio unitario, incrementará el nivel de existencias de cada sección y también el plazo total de fabricación lo que hace impracticable la 1 rápida adaptación, en el curso del mes, a los pedidos de los clientes.

Bajo las exigencias de la producción nivelada, en Toyota todos los procesos están orientados a producir y transportar una sola pieza por cada línea. Hasta que salga de la línea final de montaje. Además, el inventario de cada proceso, tanto entre máquinas como entre procesos,

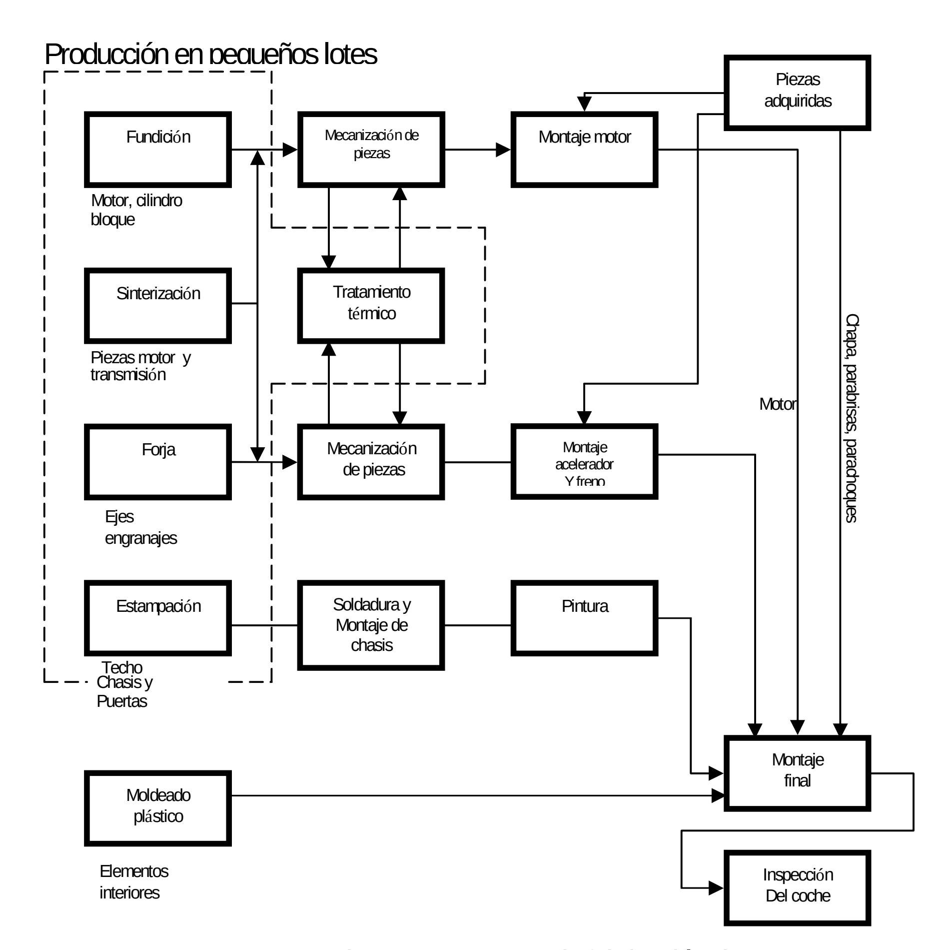


Fig. 5.2. - Procesos de fabricación de Toyota

se reducirá idealmente una sola pieza. Dicho brevemente, todas las secciones tienen como ideal evitar cualquier lote de producción y de transporte. De hecho, aunque en Toyota se ha logrado reducir considerablemente el tamaño del lote, algunos procesos continúan operando todavía en lotes de producción y de transporte. La Fig. 5.2. Muestra un esquema del conjunto de los procesos de producción en Toyota.

Esquema de las fábricas de Toyota

Los procesos pueden clasificarse, en grandes líneas, en cinco categorías:

1. **Fundición y prensa**. Incluye procesos como los de función para motores, sinterización de piezas, forja de ejes y cambios y estampación de carrocerías. Se trata de procesos que suponen lotes de producción, porque se verifican en plantas fuertemente automatizadas. Algunos de ellos, sin embargo, funcionan adecuadamente con lotes de pequeño tamaño (generalmente a dos turnos) gracias a la rapidez del cambio.
2. **Mecanización de piezas.** Están adaptados, principalmente a la producción en pequeños lotes o producción y transporte por unidades.
3. **Montaje de mecanismos.** Secciones para el montaje de motores o aceleradores y unidades de freno. Se trata de procesos adaptados a la producción y transporte por unidades.
4. **Chasis.** Secciones de soldadura de las piezas estampadas, ensamblaje de las mismas para formar el chasis, amolado, lijado y finalmente pintado de las piezas. En estos procesos se utiliza el método de producción y transporte por unidades.
5. Línea final de montaje. Opera según el método de producción y transporte por unidades, dirigido por un programa de secuencias. Se trata de las piezas recogidas mediante Kanbans de transporte y situadas junto a la línea final de montaje, de modo que los trabajadores puedan tomarlas fácilmente. Aquí se agregan a la carrocería piezas como motores, unidades de acelerador y unidades de freno, así como diversos aparatos de medida, chapa, parabrisas y parachoques, etc. Tras la inspección, los automóviles serán enviados al depósito de la división de ventas de Toyota.

Reducción del tiempo de producción de un lote

Para reducir el tiempo de producción en una sección de trabajo por lotes, hay que reducir a su vez el tiempo de preparación: Supongamos que este último es de una hora y el tiempo de proceso es de un minuto por unidad. En tal caso, si el lote de una producción es de 3.000 unidades, las horas totales de producción = tiempo de preparación + tiempo total de proceso = 1 hora +(1 minuto ,c 3.000 unidades) = 5 1 horas.) Sin embargo, si el tiempo de preparación e redujera a seis minutos, es decir a 1/10 del inicial, el lote de producción podría reducirse a 300 unidades, es decir á 1/FO del lote inicial .La razón es que, si la producción en lotes de 300 unidades se repite 10 veces, el número total de horas de producción y los resultado serán los mismos de antes. Es decir, las horas totales de producción = (6minu- tos + [1 minuto x 300 unidades]) x 10 = 51 horas.

En general, si el tiempo de preparación se reduce a 1/n del inicial, el tamaño del lote podrá reducirse aun de su tamaño inicial, sin modificar la carga de trabajo del proceso en cuestión, lo cual produce por otra parte los siguientes efectos: el tiempo de proceso de un lote se divide por n haciendo posible la reducción del plazo de fabricación con lo que la empresa podrá adaptarse con gran rapidez a los pedidos de los consumidores. Además, se reducirá el número de Kanban y con ello el nivel de existencias podrá verse considerablemente disminuido.

Reducción del tiempo de espera

El tiempo de espera es el tiempo que, en cada proceso, se emplea en esperar por los productos terminados del proceso anterior excluye el tiempo de transporte: De los dos tipos de tiempo de espera, uno se origina por el desequilibrio en el tiempo de producción entre procesos y el otro por el tamaño del lote del proceso precedente.

Para reducir el primer tipo de tiempo de espera, el equilibrado de la' línea debe conseguir que la producción sea en cada proceso igual en cantidad y en tiempo. Aunque el ciclo de fabricación debe ser el mismo en todos los procesos de la línea de montaje, existirán algunas variaciones entre los procesos, dependiendo de las diferencias entre la experiencia y las capacidades de los operarios. Para minimizar estas diferencias, es muy importante la estandarización de la ruta de

operaciones, y el supervisor o capataz debe entrenar a los trabajadores en el dominio de dicha ruta estándar (Capítulo 7).

Al mismo tiempo, para evitar retrasos en algunos procesos, habrá de aplicarse lo que Toyota denomina movimiento de ayuda mutua. En Toyota, el punto de enlace de dos trabajadores o de dos procesos, se diseña de modo que los trabajadores puedan prestarse ayuda uno a otro. Este punto es similar a la zona de entrega del testigo en una carra de relevos en el estadio. Por ejemplo, cuando se completa una pieza por un equipo de trabajadores, la pieza puede entregarse como un testigo al trabajador siguiente. Si alguien del siguiente proceso se retrasa, el trabajador anterior podría adelantarse y llevar a cabo el trabajo en la máquina siguiente. Cuando el trabajador del segundo proceso vuelve a suposición, el del proceso anterior le entregaría de inmediato el trabajo y volvería al proceso precedente. El mismo sistema se aplicaría en sentido inverso si el retrasado fuera el trabajador del proceso anterior. En el sistema de ayuda mutua es preciso cultivar la cooperación huma en el seno de un equipo de trabajo.

El problema más serio para el equilibrado de la línea es la existencia de capacidades diferentes entre las máquinas de cada proceso. El sistema de control del trabajo total, descrito en el Capítulo 2, intenta hacer frente a estas diferencias de capacidad.

Para reducir el segundo tipo de tiempo de espera, el de los lotes terminados en el proceso precedente, es preciso minimizar el lote a transportar. Este punto de vista permite la producción en lotes de gran tamaño en ciertos tipos de productos, pero requiere. En todo caso que el producto se transporte al proceso siguiente en unidades mínimas. En otros términos, si el lote de producci6n es de 600 unidades, cada unidad que termine debe ser transportada de inmediato al proceso próximo. El efecto de este método se ilustra con el siguiente ejemplo. Supongamos tres procesos, cada uno de los cuales emplea un minuto en producir una unidad., Una unidad a producir supondrá tres minutos a través de los tres procesos. Si hay que producir 600 unidades, un proceso requerirá 600 minutos, o sea .10 horas y los tres procesos requerirán en conjunto 30 horas. Pero si cada unidad se traslada al proceso siguiente una vez salida del anterior, los procesos 2 y 3 podrán operar al mismo tiempo que el proceso 1. El proceso 2 deberá esperar mientras el proceso 1 está actuando sobre una unidad, pero sólo un minuto. E] proceso 3, asimismo, habrá de esperar a que el 2 actúe sobre su primera unidad, pero esto es, nuevamente, un solo minuto. Estas relaciones se explicitan en la figura 5.3.

Así pues, para producir 600 unidades mediante los tres procesos, el tiempo total requerido será de 600 minutos ± un minuto + un minuto, = 602 minutos. Sin embargo, si los procesos 1 y 2 tuviesen en existencias cada uno una unidad de producto terminado de sus operaciones al comenzar el mes, el tiempo de espera respectivo de un minuto desaparecería, con lo que el total necesario sería de sólo 600 minutos para producir 600 unidades en los tres procesos.

En el caso en que el lote de producción y de transporte se apliquen a n procesos, el tiempo total de proceso será igual a Tn, donde T = tiempo de proceso en cada uno de los procesos. Pero si se aplica el transporte unidad a unidad a n procesos, teniendo cada uno de los procesos anteriores en existencia una unidad resultado de sus operaciones, el tiempo total de proceso será sólo T, es decir, se habrá reducido dividiéndose por n.

Si el lote de transporte es de sólo una unidad, no obstante, aumentará la frecuencia de entrega, agudizándose los problemas de minimización del tiempo de transporte.

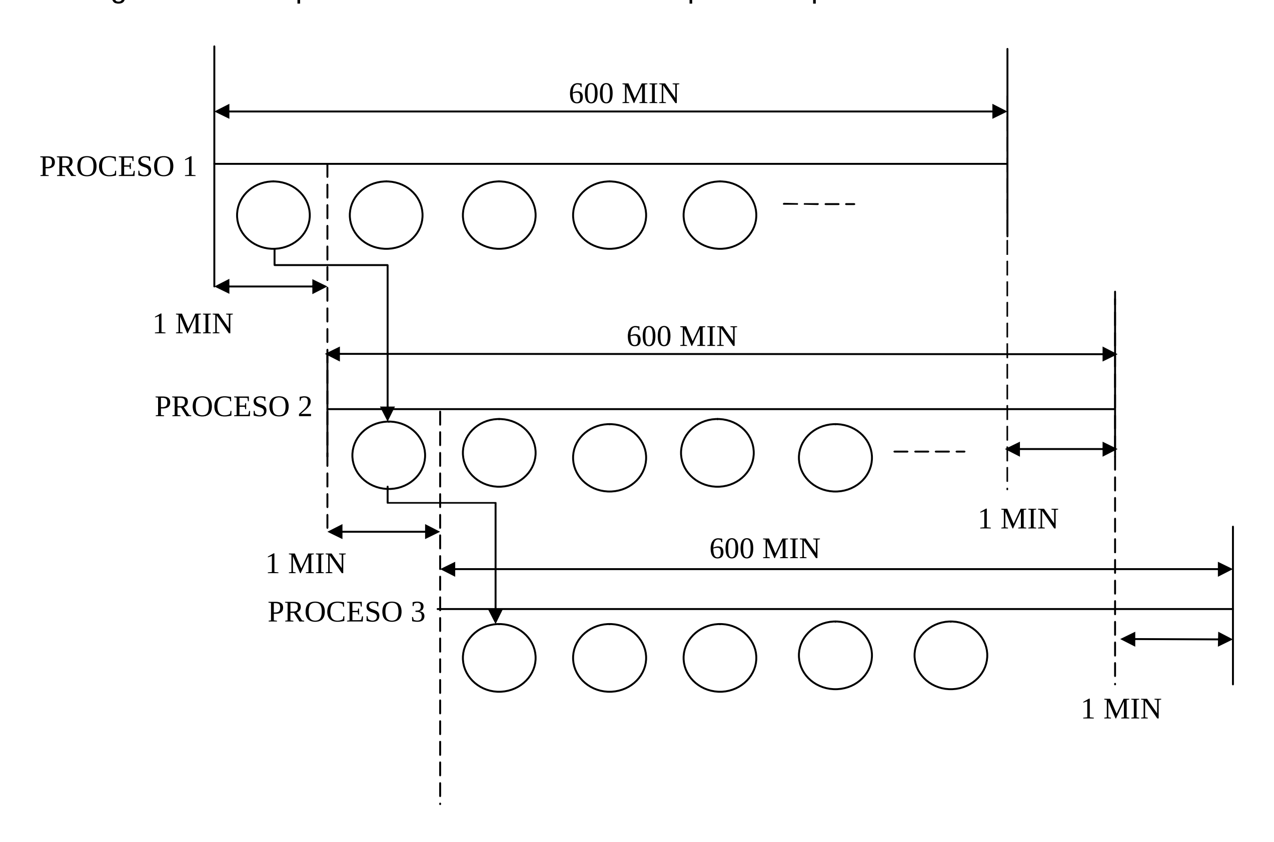


Fig. 5.3. —Relaciones entre procesos y tiempos de proceso

La mejora del método de transporte puede conseguirse en dos fases: la distribución en planta de las máquinas y la adopción de medios rápidos de transporte. La distribución de los diferentes tipos de máquinas estará orientada al flujo de procesos del producto en lugar de al tipo de máquinas. Si existen varios tipos de productos, habrán de agruparse juntos los procesos comunes o similares para varios productos. Además habrán de utilizarse para conectar los procesos medios rápidos de transporte, tales corno cinta transportadora, plano de descarga o carretilla elevadora. El uso para el subcontratista de sistemas de recogida rotativos o de carga mixta ayudará a promover, un flujo continuo de productos entre procesos. Finalmente, el ideal de Joyota de lograr la producción en lotes reducidos, necesita un requisito previo esencia: la reducción del tiempo de preparación y cambio.

Capítulo 6

Reducción del tiempo de preparación. Conceptos y técnicas.

En 1970, Toyota logró reducir a tres minutos el tiempo de preparación de una empresa de 800 Toneladas para cubiertas y guardabarros.

Este tiempo de preparación se denomina preparación de un dígito, significando que se realiza en un número de minutos de un solo dígito (hasta 9 minutos y 59 segundos). En estos momentos, el tiempo de preparación se ha reducido, en muchos casos, a menos de un minuto es decir, a una preparación instantánea. Las compañías americanas o europeas emplean a menudo dos o más horas, o, en el peor de los casos, un día entero en las acciones de preparación.

La necesidad de que Toyota desarrollara tan increíble reducción del tiempo de preparación, fue reconocida por Taichi Ohno, anterior vicepresidente de la compañía, quien consiguió que, mediante la citada reducción, Toyota pudiera minimizar el tamaño del lote y con ello disminuir el stock de productos terminados e intermedios.

Mediante la producción en lotes reducidos, el plazo de fabricación de varios tipos de productos puede acortarse y la empresa se podrá adaptar a los pedidos de los clientes y a las variaciones de la demanda. Si los tipos de coches y las fechas de entrega se modifican durante el mes, Toyota puede adaptarse rápidamente. Pueden reducirse además las existencias de productos terminados e intermedios.

El nivel de utilización de la maquinaria sobre su capacidad total se incrementará al reducirse el tiempo de preparación. Ha de advertirse, sin embargo, que es preferible un nivel baje de utilización de la maquinaria, frente a una producción excesiva que originaría una situación de costes peor que una taza de baja utilización. La minimización las existencias, la producción orientada a los pedidos y la rápida adaptación a las modificaciones de la demanda constituyen las ventajas principales de la “preparación de un solo dígito”.

Este tipo de preparación es un concepto innovador inventado por los japoneses en el ámbito de la ingeniería industrial. Su idea fue desarrollada por Shigeo Shingo, consultor de Toyota, y llegará a ser común en la teoría y la práctica de la ingeniería en todo el mundo.

La preparación de un solo dígito no debe considerarse como una técnica, sino como un concepto que requiere un cambio en la actitud de toda la gente de la fábrica. En las empresas japonesas, la reducción del tiempo de preparación se promueve no sólo por el personal de ingeniería, sino mediante las actividades de grupos reducidos de trabajadores directos, denominados grupos QC (circuitos de calidad) o ZD (Cero Defectos). El logro de mejoras en los

tiempos de preparación y el consiguiente aumento de la moral hacen posible que los trabajadores acepten retos similares en otras áreas de la fábrica; este es un importante beneficio adicional de la reducción del tiempo de preparación.

Conceptos de preparación

Para acortar de preparación se utilizan cuatro conceptos principales. Incluyéndose además seis técnicas para el desarrollo de tales conceptos. La mayoría de estas técnicas han aparecido mediante la aplicación de los conceptos n° 2 y n° 3. Pueden utilizarse como ejemplo característico para examinar cada concepto y cada técnica las acciones de preparación de una estampadora, pero podría aplicarse un perspectiva similar a cualquier tipo de maquina.

Concepto 1.- distinguir la preparación con la maquina en marcha. En el primer caso (preparación "interna") nos referimos a las acciones que requieren, inevitablemente, que la maquina se haya detenido. En el segundo (preparación "externa") nos referimos a las acciones que pueden adoptarse mientras ala maquina opera. En el caso de una estampadora, dichas acciones pueden llevarse a cabo antes del cambo del nuevo troquel o después de dicho cambio.

Los dos tipos de acciones deben separarse rigurosamente. Esto es, una vez parada la máquina, el trabajador no puede efectuar ninguna de las acciones de la preparación con máquina en marcha.

Durante a preparación máquina en marcha, los troqueles, las herramientas y los materiales, deben disponerse totalmente a punto junto a la máquina, y cualquier necesidad de reparación de los troqueles deberá haberse resuelto por anticipado. En la preparación a máquina parada, debe realizarse exclusivamente la retirada y colocación de troqueles.

Concepto 2. — Convertir cuanto sea posible de preparación maquina parada en preparación con la máquina en marcha.

Se trata del concepto más importante relativo a la preparación de un solo dígito.

Ejemplos: -

— La altura del troquel de una estampadora o de una maquina de moldear, puede estandarizarse utilizando un alineador (espaciador) de modo que resulte innecesario el reajuste del golpe de prensa (Fig. 6.1.).

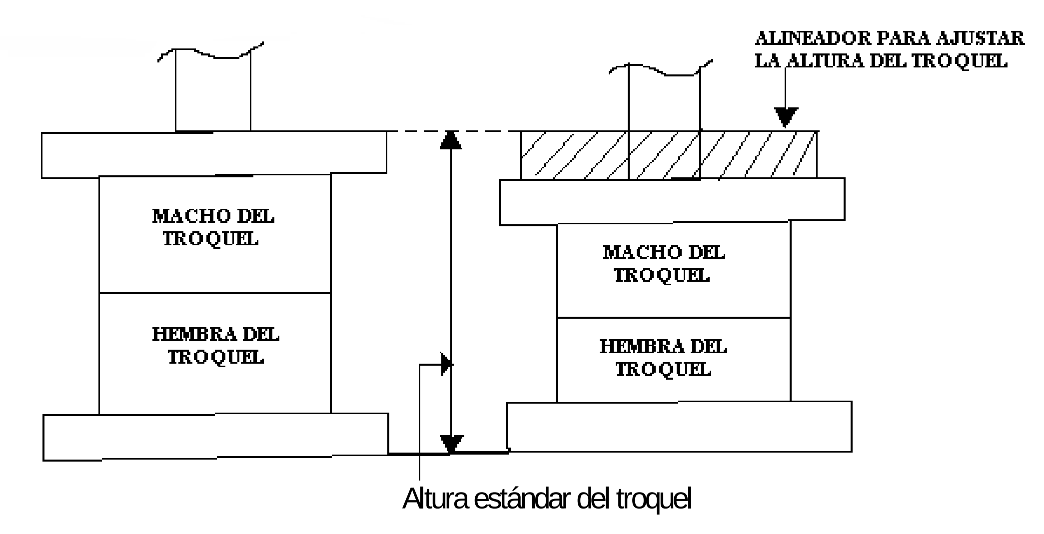


Fig. 61. —Utilización de un alineador para estandarizar la altura del troquel

— Los moldes de fundición pueden ser precalentados mediante el excedente de calor del horno; esto significa que puede eliminarse el calentamiento del molde de metal en la máquina de fundición.

Concepto 3. — Eliminar los procesos de ajuste. Estos procesos ocupan generalmente del 50 al 70 % del tiempo total de la preparación a la maquina parada, por lo que reducir el tiempo de ajuste es muy importante para reducir a su vez el tiempo total de preparación.

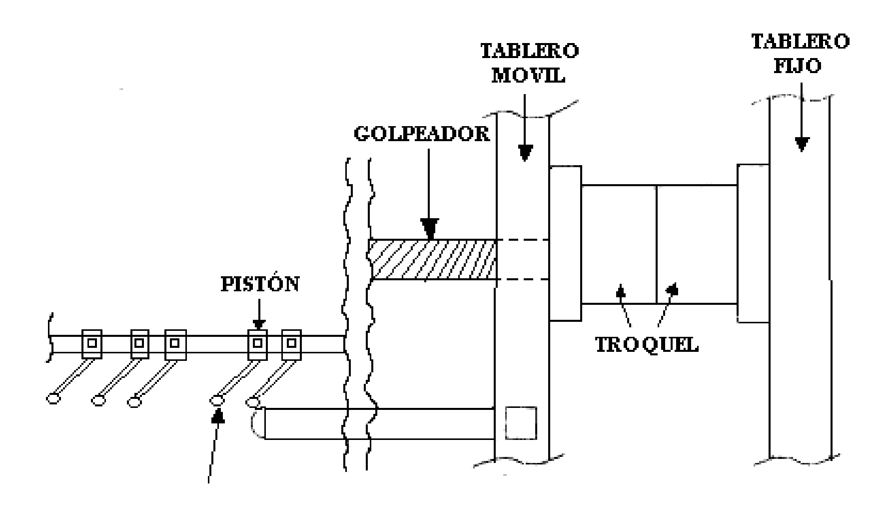
Generalmente se considera que para el ajuste resulta esencial un gran especialización, pero esto es erróneo. Pueden resultar necesarias operaciones de preparación, como el movimiento del interruptor desde la posición de 1OO mm. a la de 150 mm. Pero, una vez se ha hecho, y se pueden eliminarse las operaciones de revisión del ajuste. La preparación es un concepto que debe considerarse independiente del ajuste.

Ejemplos:

— El fabricante de una prensa puede fabricar una máquina adaptable a los requerimientos de altura de troquel de diversos compradores. Pero cada empresa particular (cada usuario) puede estandarizar dicha altura según determinado tamaño, con lo que puede evitar el ajuste del recorrido (Fig. 6.1).

— Supongamos que la máquina moldeadora requiera diferente recorrido de prensa según el troquel utilizado, ajuste siempre necesario para encontrar la posición correcta. En este supuesto, puede instalarse cinco interruptores, en vez de uno solo para las cinco posiciones requeridas. Además, en la nueva modificación, puede lograrse que

la corriente eléctrica circule solo hasta el interruptor necesario en un momento dado con sólo una pulsación. Como resultado, se elimina por completo la necesidad del ajuste de la posición. (Fig. 6.2).



Interruptor para ajuste del recorrido de prensa

Fig. 6.2.- La instalación de interruptores para todas las posiciones requeridas permite el rápido ajuste del recorrido de prensa.

Para cambiar el troquel en la estampadora puede utilizarse una mesa giratoria (revolver) cuya idea inspiradora es similar al de la pistola revolver. El procedimiento es el siguiente: (Fig. 6.3).

a) Se retira el troquel n° 1 de su soporte en la prensa (ha terminado la utilización de dicho troquel).

b) Se sitúa la mesa móvil próxima a la prensa y se fija mediante el freno.

c) Se deja el troquel n° 1 en la mesa móvil.

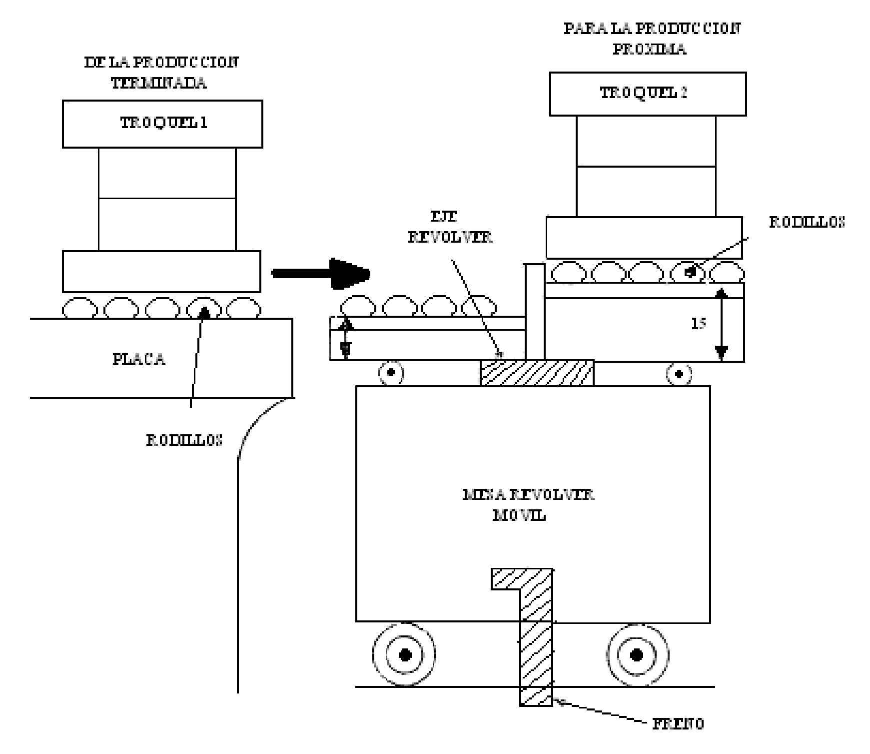


Fig. 6.3. — Mesa revolver móvil

d) Se hace girar solamente la parte superior de la mesa hasta colocar en la plaza el troquel n° 2.

e) Se quita el freno de la mesa móvil y se aleja ésta de la prensa, a tiempo que se coloca el troquel n° 2 en la prensa. La figura 6.4 muestra la mesa revolver.

Debe subrayarse de nuevo que, aunque la máquina es capaz de cambiar posiciones de forma continua, sólo unas cuantas posiciones son las adecuadas. Los ejemplos de los cinco interruptores (Fig. 6.2) y de la mesa revolver móvil (Figs. 6.3 y 6.4) se basan en esta idea. El número de posiciones del mecanismo requeridas en las operaciones es bastante limitado. Un sistema como este se describe como sistema con posicione limitadas y hace posible la "preparación instantánea".

Concepto 4. — Suprimir la fase de preparación misma. Para llegar hasta el final en la simplificación de la preparación, pueden seguirse dos caminos: uno de ellos, la utilización d un diseño uniforme del producto y de la misma pieza para productos diversos; el otro, la producción de varias piezas a la vez. Esto último puede por su parte lograrse por dos métodos. El primero es el sistema de agrupación. Por ejemplo, en un troquel único de una prensa se modelan dos

figuras distintas de las piezas A y B, separándose luego, después de prensado simultáneo de ambas chapas.

El segundo método consiste en prensar múltiple piezas en paralelo utilizando diversas máquinas de bajo coste. Por ejemplo, una sección utiliza un gato normal para la función de prensado, en lugar de utilizar una prensa. En dicha sección, cada trabajador maneja un pequeño gato mientras se ocupa sí mismo de otras tareas como trabajador polivalente.

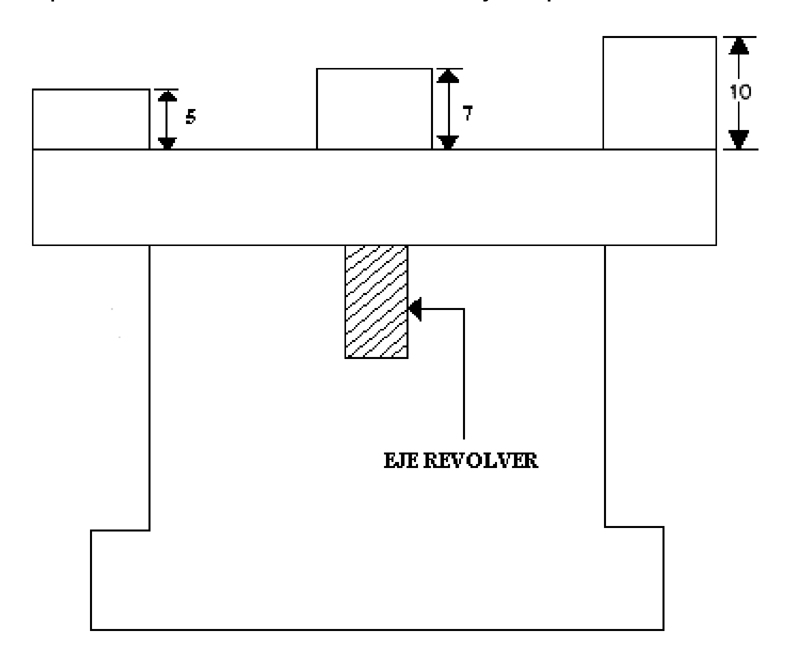


Fig. 6.4.- Mesa revolver

El gato lleva un motor de escasa potencia y puede llevar a cabo la misma función que una prensa pesada. Si se dispone de varios gatos de este tipo, pueden usarse en paralelo para la fabricación de varios tipos de piezas.

Aplicación de los conceptos

He aquí seis técnicas para la aplicación de los cuatro conceptos antes indicados:

Técnica 1.- Estandarizar las acciones de preparación con la máquina en marcha. Las operaciones de preparación de troqueles, herramientas y materiales, deben describirse como rutas de operaciones y estandarizarse. Una vez estandarizadas deben ponerse por escrito y fijarse a la pared para que los operarios la vean. Los trabajadores deben entrenarse hasta llegar a dominarla.

Técnica 2.- Estandarizar solo los elementos necesarios de la máquina. Si el tamaño y la forma de todos los troqueles se han estandarizado por completo, el tiempo de preparación se reducirá extraordinariamente. Esto, sin embargo, pueden tener un costo muy alto. Por ello sólo se estandariza aquella parte de la maquinaria que resulta necesaria para la preparación. Un ejemplo de esta técnica lo constituye el alineador indicado como ejemplo en el concepto 2 (Fig. 6.1) para igualar los tamaños de troqueles.

Si las dimensiones de los portatroqueles estuvieran estandarizadas, podrían eliminarse los cambios de las herramientas de amarre y los ajustes. (Fig. 6.5).

Técnica 3.- Utilizar una sujeción de manejo rápido. El dispositivo más usual de sujeción es un perno pero, para evitar que puede aflojarse, conviene desarrollar un dispositivo que permita una sujeción conveniente con un solo giro de la tuerca. Algunos ejemplos son: los orificios piriformes, una arandela en forma de U y el tornillo y tuercas provistos de muescas que se indican en la figura 6.6.

En una operación de bobinado, la bobina enrollada se retiraba tras quitar la tuerca y la arandela de sujeción. Para reducir el tiempo necesario para retirar la bobina, el diámetro exterior de l tuerca era de menor tamaño que el interior de la bobina, utilizándose una arandela en forma de U para sujetarla. La bobina podía así retirarse muy rápidamente, quitando la arandela en U con un solo giro y sin necesidad de quitar la tuerca.

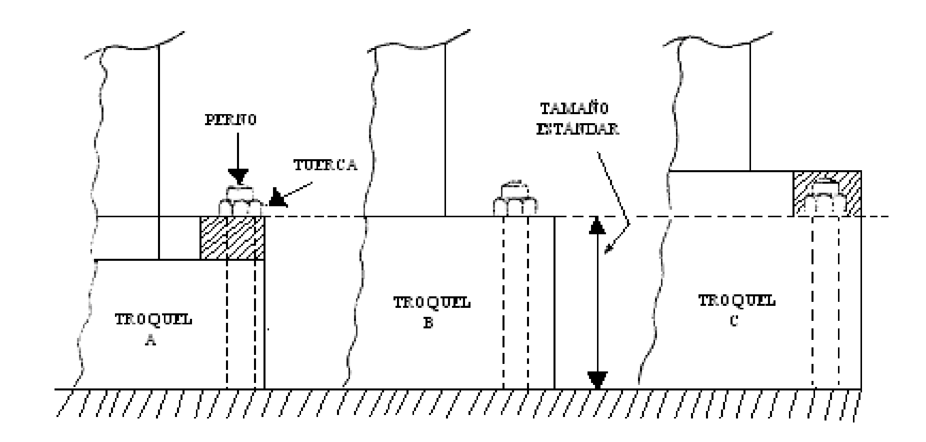


Fig. 6.5 La estandarización del tamaño de los portatroqueles reduce la necesidad de cambiar las herramientas de amarre.

Donde había 12 tornillos alrededor del borde del horno, los agujeros para los tornillos de la tapa se modificaron dándoles forma de pera y se utilizaron arandelas en U. En consecuencia, bastaba aflojar el tornillo haciéndole girar una sola vuelta para poder retirar la arandela en U y que la tapadera pudiera girar hacia la izquierda, de modo que podría abrirse saliendo las tuercas a través del ensanchamiento en forma de pera del agujero, sin necesidad de retirar las tuercas de los tornillos.

En otro caso, pueden modificarse el exterior del tornillo para presentar tres salientes y, en correspondencia con ello, hacer así mismo tres muescas en el hueco interior de la tuerca. Así, el tornillo puede sujetarse a la máquina con un solo giro, encajando los tres salientes del tornillo en las tres muescas de la tuerca.

Un sistema de casete que pone en práctica la idea de ensamblaje sirve para la preparación en menos de un minuto o “instantánea”. Se muestra un ejemplo en la Fig. 6.7. Se ha ideado el bloque deslizante que se advierte en la figura y se estandarizo el tamaño del portatroqueles. En la Fig. 6.7 se muestra así mismo un dispositivo para la instalación del troquel que utiliza una guía metálica en forma de montaña.

Técnica 4.- Utilización de un instrumento suplementario. Lleva bastante tiempo instalar un troquel o una herramienta directamente en la prensa o en el plato de un torno. Sin embargo puede colocarse el troquel o con la máquina en marcha y luego, en la fase de preparación a máquina parada, podrán instalarse en una “preparación instantánea”.

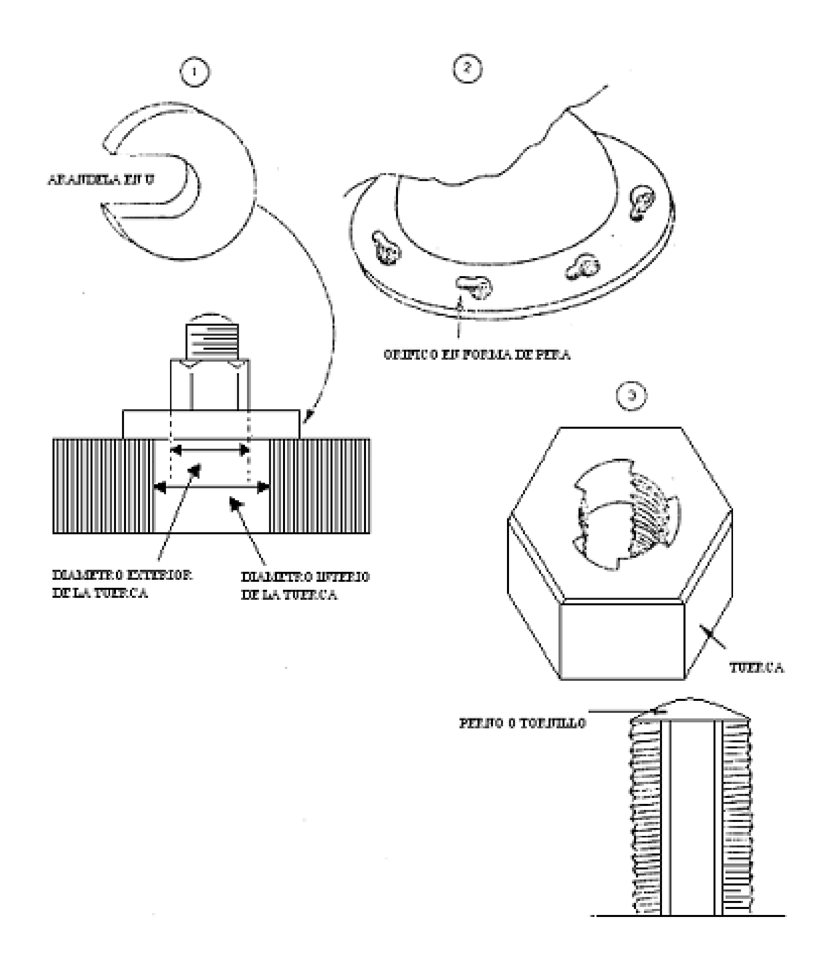


Fig. 6.6.- Ejemplo de sujeciones rápidas (técnica 3)

1) Arandela en U para tornillo

2) Orificios piriformes

3) Tuercas y tornillo muescados

Para ello, los instrumentos suplementarios deben estar estandarizados. La mesa revolver móvil de la Fig. 6.3 constituye un ejemplo de esta técnica.

Técnica 5.- Utilizar operaciones en paralelo. Una gran prensa o una gran máquina moldeadora tendrán múltiples posiciones de fijación por sus cuatro costados. Las operaciones de preparación de máquinas como estas pueden ocupar mucho tiempo a un trabajador. Sin embargo, si las operaciones se llevan a cabo en paralelo por dos personas, pueden eliminarse movimientos inútiles y reducirse el tiempo de preparación. Aunque no cambiara el número total de horas de trabajo de preparación, podrían aumentar las horas efectivas de operación de la maquina.

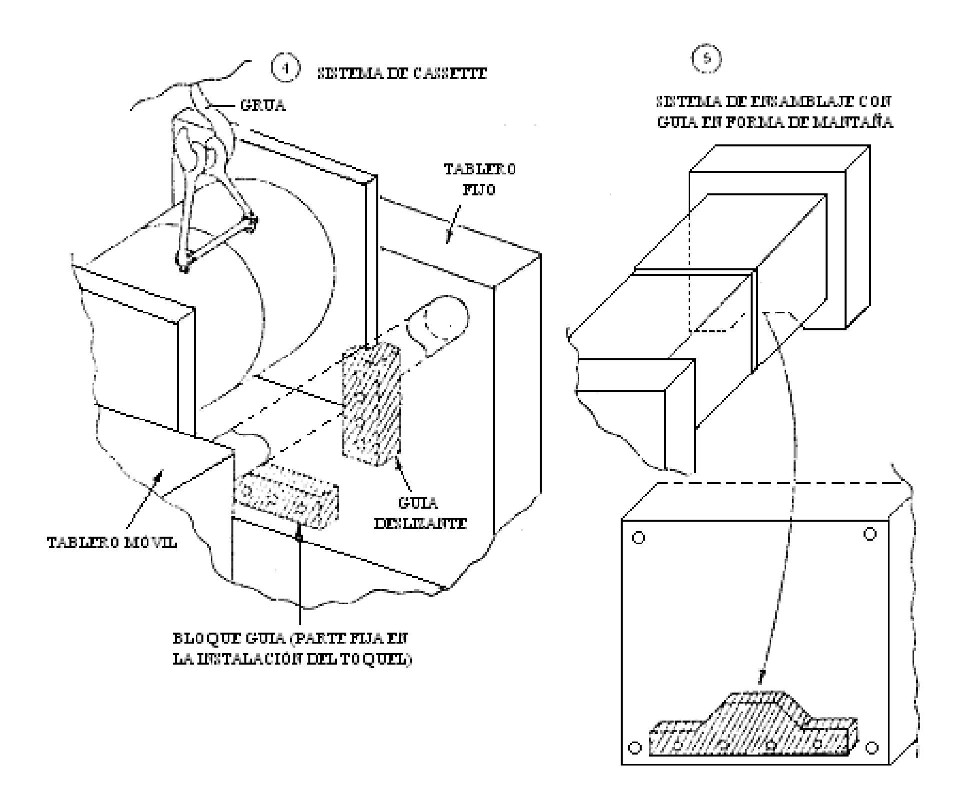


Fig. 6.7.- Sistema de ensamblaje para sujeciones rápidas (técnica 3)

4) Sistema de cassette con guías deslizantes

5) Mecanismo de instalación con guías en forma de montaña

Si el tiempo de preparación se redujera de una hora a tres minutos, el segundo trabajador sería necesario en dicho proceso solo durante tres minutos. Por ello los especialistas en operaciones de preparación reciben entrenamientos en prensa y colaboran con los operadores de las máquinas.

Técnica 6.- Utilización de un sistema mecánico de preparación. Pueden utilizarse sistemas hidráulicos o neumáticos para la fijación de un troquel en varias posiciones al tiempo en la “preparación instantánea” y también pueden ajustarse la altura del troquel de una prensa mediante un mecanismo operado eléctricamente. Pero aunque estos mecanismos serían muy convenientes, una inversión excesiva sería como “poner el carro delante de los bueyes”.

Aunque en Toyota se ha reducido el tiempo de preparación a menos de diez minutos, se trata del tiempo correspondiente a la preparación con máquina parada. La preparación con máquina en marcha requiera todavía en Toyota media hora o una hora. Sin este empleo de tiempo no puede cambiarse el troquel para el próximo lote. Por tanto, el tamaño del lote o el

número de preparaciones por día se ven esencialmente restringidos por el tiempo necesario en las preparaciones a máquina en marcha.

En conclusión, aunque las empresas americanas y europeas o en las de cualquier otro país la aplicación del sistema Toyota de producción puede presentar algunas dificultades, como las derivadas de los sindicatos o de problemas geográficos. Sin embargo las perspectivas de reducción del tiempo de preparación descritas aquí, pueden definitivamente aplicarse en cualquier empresa y reducir mediante ellas las existencias en curso y el plazo de fabricación, aunque no tanto como si fueran acompañadas por el sistema kanban. La reducción de los tiempos de preparación de muchas máquinas seria una de las formas más sencillas de introducir el sistema Toyota de producción.

Capítulo 7

La estandarización de operaciones puede conseguir una producción equilibrada con el mínimo trabajo.

El propósito último del sistema Toyota de producción es la reducción de los costes de producción. Para ello Toyota intenta eliminar las ineficiencias productivas, asi como las existencias y la mano de obra innecesarias.

La estandarización de operaciones se orienta a que la producción utilice un número mínimo de trabajadores. Su primer objetivo radica en conseguir una alta productividad mediante un trabajo activo.

Trabajo activo "no significa en Toyota, sin embargo, forzar a los trabajadores a un trabajo muy duro, sino realizar un trabajo eficiente sin movimientos inútiles. Para facilitar este primer objetivo es importante una ordenación estandarizada de las operaciones a realizar por cada trabajador, que se denomine ruta estándar de operaciones.

El segundo objetivo de la estandarización de operaciones de Toyota es conseguir el equilibrio de línea entre todos los procesos en términos de tiempo de producción. Para ello hay que introducir en el estándar de las operaciones el concepto de ciclo de fabricación.

El tercero y ultimo de los objetivos es que solo la mínima cantidad de trabajo en curso, es decir, se tomara como el número mínimo de unidades necesario para las operaciones estandarizadas a realizar por cada trabajador. Esta cantidad estándar contribuye a eliminar los excesos de existencias e curso.

Para el logro de los tres objetivos, la estandarización de operaciones consta de ciclo de fabricación, ruta estándar de operaciones y cantidad estándar de trabajo en curso. (Fig. 7.1.).

Además de esos objetivos, se establece la producción de los artículos eliminando tanto la posibilidad de accidentes como los defectos en la producción. En consecuencia, se estandarizan también las rutas y los puestos para lograr la seguridad y la capacidad de los productos. Así pues, las precauciones de seguridad y la calidad del producto constituyen subobjetivos de la estandarización de las operaciones de Toyota.

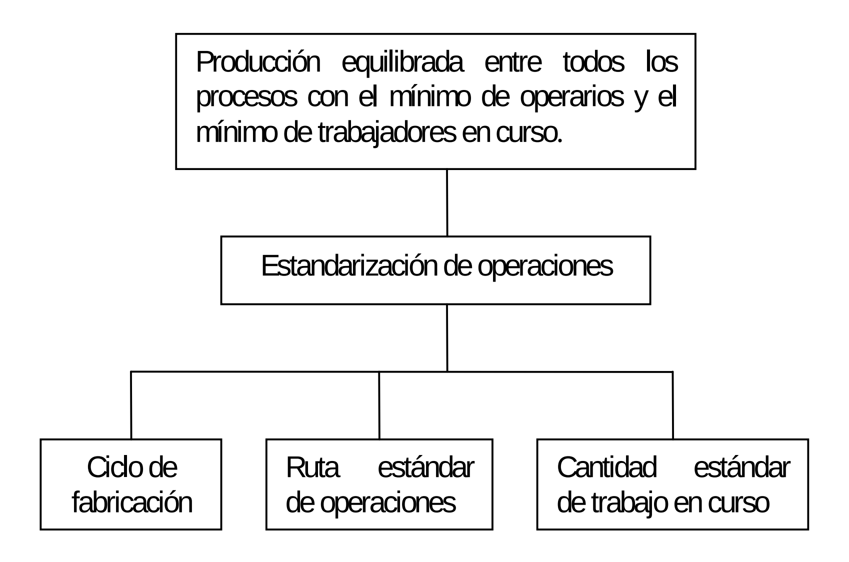


Fig. 7.1 – Elementos de la estandarización de operaciones

Determinación de los componentes de las operaciones estándar.

Los componentes de las operaciones estándar se establecen por el capataz (supervisor, que determina las hora de trabajo requeridas para producir una unidad en cada maquina y también el orden de las diferentes operaciones a llevar a cabo por cada trabajador. Generalmente, en otras empresas, esta estandarización de operaciones se establece por personas de ingeniería de producción (IP)

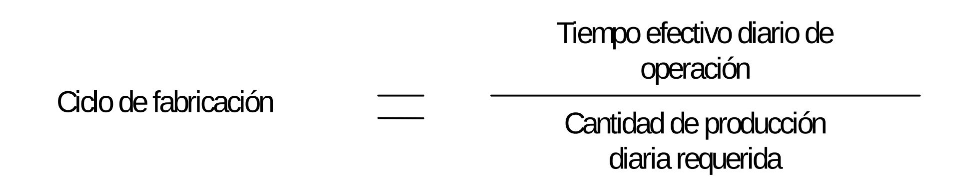
El Método de Toyota puede parecer a científico; sin embargo, el capataz conoce prosee un conocimiento profundo de los métodos operativos y del rendimiento de sus trabajadores. Además, el capataz suele utilizar también técnicas de IP, tales como estudios de métodos y tiempos; por ello, la aplicación de métodos como los movimientos de tiempos predeterminados puede parecer apropiada ante un observador imparcial. Por lo demás, para enseñar al trabajador a comprender y seguir por completo el estándar, el capataz mismo debe dominar y reconocer perfectamente el estándar reconocer. Las operaciones estándar se establecen según las siguientes etapas:

1. Determinar el ciclo de fabricación.
2. Determinar el tiempo de ejecución por unidad.
3. Determinar la ruta estándar de operaciones.
4. Determinar la cantidad estándar de trabajo en curso.

5. Preparar la hoja estándar de observaciones.

Determinación del ciclo de fabricación

El ciclo de la fabricación es la duración del periodo en que debe producirse una unidad de producto. Se determina, a partir del tiempo efectivo diario de operación y de la cantidad de producción diaria requerida, del siguiente modo



El tiempo efectivo diario de operación no se debe por retrasos debidos a averías de maquinaria, tiempos de espera de materiales, trabajo repetido o por coeficientes de fatiga y tiempo perdido. Por su parte, la cantidad de producción diaria requerida no se incrementa para compensar por producción defectuosa .considerando como innecesario el empleo de tiempo en la producción de elementos de elementos defectuosos, el consumo de dicho tiempo se hace visible cuando ello ocurre en el proceso, lo que facilita que se tomen acciones inmediatas para mejorar dicho proceso. El ciclo de fabricación puede ser bastante largo comparado con el de otras empresas que aplican suplementos por fatiga y por producción defectuosa al determinar su ciclo de fabricación. Además, puesto que, en base al ciclo, se determinan tanto el numero de las diferentes operaciones como el de trabajadores necesarios para producir una unidad durante dicho ciclo de fabricación, del numero de trabajadores de una sección de la fabrica de Toyota puede disminuirse si el ciclo de fabricación es realimenten largo.

En ocasiones el ciclo de fabricación se determina erróneamente a partir de la capacidad normal de la maquina y de los trabajadores. Aunque este método proporcione el tiempo probable para producir una unidad, no tiene en cuenta suplemento de tiempo necesario para volver a situar la en posición a los operarios. Para asegurar que el ciclo de fabricación se determine adecuadamente, debe utilizarse el tiempo efectivo diario de operación y la cantidad de producción diaria requerida.

Establecimiento del tiempo de ejecución por unidad.

El tiempo de ejecución por unidad se determina por cada proceso y para cada pieza o elemento. El tiempo por unidad se registra en la ficha de capacidad de producción que se rellena para cada pieza. (Fig.7.2).

El tiempo manual de operación y el tiempo en el proceso en automático de la maquina (tiempo maquina) (se mide mediante un cronometro). El tiempo manual de operación no incluye el tiempo de traslados durante el proceso. El capataz establecerá la velocidad y el nivel de especialización requeridos para cada operación manual.

El tiempo de ejecución por unidad en la columna de Tiempo basé es el tiempo requerido para procesar una unidad. Si se procesan de modo simultaneo dos unidades o si se inspeccionan, para control de calidad, una unidad de cada varias, el tiempo de ejecución por unidad se escribirá en la columna correspondiente.

En la columna de Cambio de Herramienta la expresión unidades por cambio especifica el número de unidades a producir antes de cambiar el taladro o la herramienta. El tiempo de cambio es lo mismo de tiempo de preparación.

La capacidad de producción en la última columna de la derecha, se calcula mediante la formula siguiente:

$N = \frac{T}{C + m}$, o bien $\frac{T - mN}{C}$, Donde mN = Tiempo total de preparación

Notaciones de la formula:

N = capacidad de producción en unidades de producto

C = Tiempo de ejecución por unidad

m = Tiempo de preparación por unidad

T = Tiempo total de operación

Establecimiento de la ruta estándar de operaciones

Después de determinar el ciclo de fabricación y el tiempo manual de operación por unidad para cada operación, habrá que calcular el número por unidad para cada operación, habrá que calcular el número de operaciones diferentes a asignar a cada trabajador. En suma habrá que establecer la ruta estándar de operaciones de cada trabajador individual.

FICHA DE CAPACIDAD DE PRODUCCION	ITEM Nº	DENOMINACION	CANTIDAD NECESARIA AL DIA	NOMBRE DEL OPERARIO
				B. LOBATO

Orden de procesos	Operaciones	Máquina nº	TIEMPO BASE Manual (min)	Manual (sec)	Máquina (min)	Máquina (sec)	De Ejecuc. por Unidad (min)	De Ejecuc. por Unidad (sec)	CAMBIO HERRAM. Unidades por cambio	Tiempo de cambio	Capacidad Producción (960 min)	Referencias Operación manual —— Proceso mecanizado - - -
1	Taladrar centro	[illegible]		07	1	20	1	27	80	1'00"	units 665	
2	Chaflanar	KA-350		09	1	35	1	44	20	30"	549	
									50	30"		
3	Escariar	KB-400		09	1	25	1	34	20	30"	606	
									40	30"		
4	Escariar	KC-450		10	1	19	1	29	20	30"	643	
2-1	Fresar	MS-100		(20)	(2	0)	(2	20)	1.000	7'00	820	10 10 2'10"
2-2	Fresar	MS-101		(15)	(2	10)	(2	15)	1.000	7'00		5 10 2'10"
	Dos secciones de máquinas			18								$\left[\frac{\text{Operación manual}}{\text{Tiempo por unidad}}\right] = \frac{20'' + 15''}{2} = 17.5'' - 18''$
3	Taladrar	BA-235		(08)		(50)		(58)	500	5'00	1.947	
	Proceso simultáneo de 2 unidades			04				29				$\left[\frac{\text{Operación manual}}{\text{Tiempo por unidad}}\right] = \frac{8''}{2} = 4$
4	Calibrar (1/5)			(18)								
	Inspección de una de cada 5 unidades			09								$\left[\frac{\text{Operación manual}}{\text{Tiempo por unidad}}\right] = \frac{18''}{2} = 9''$
			tal									

Fig. 7.2. – Ficha de capacidad de producción

La ruta estándar de operaciones es el orden de las acciones a llevar a cabo por cada trabajador en el ciclo de tiempo dado. Esta ruta responde a dos propósitos. En primer lugar, indica a cada trabajador el orden en que debe tomar la pieza, colocarla en la maquina y retirarla una vez procesada. En segundo lugar, indica las secuencias de operaciones que el trabajador polivalente debe ejecutar en varias maquinas durante un ciclo.

En este puno es importante distinguir entre “secuencia de procesos“ y ruta de operaciones, que no son idénticos en muchos casos. Si la ruta de operaciones es sencilla, puede determinase directamente a partir de la ficha de capacidad de producción (Fig. 7.2). En tal caso, la secuencia de procesos resulta idéntica a la ruta de operaciones. Pero si esta es complicada, puede no resultar fácil determinar si el tiempo de proceso automático de cierta maquina terminara antes que el trabajador maneje la misma maquina en el próximo ciclo de tiempo.

En consecuencia, la hoja de ruta estándar de operaciones se utiliza para determinar la ruta de operaciones exacta. (Fig. 7.3).

El procedimiento para preparar la ruta estándar de operaciones es el siguiente:

1.- El ciclo de fabricación se dibuja mediante una línea roja en la dirección de la coordenada de tiempo de la ficha.

2.-. Habrá que determinar por anticipado el tipo aproximado de procesos que un trabajador puede manejar. El tiempo total de operaciones, que será aproximadamente igual al ciclo de fabricación señalado en rojo, se computará utilizando la ficha de capacidad de producción (fig. 7.2.), debiendo concederse tiempos suplementarios para trasladarse de unas máquinas a otras, lo que se medirá mediante cronometro y se registrará adecuadamente.

3.- Los tiempos de operación manual y el tiempo-máquina correspondientes a la primera máquina, se expresan en primer lugar tornando los datos de la ficha de capacidad de producción pan la pieza en cuestión.

4.- Seguidamente habrá que determinar la segunda operación del trabajador; Debe recordarse que el orden del proceso no es necesariamente idéntico a la ruta de operaciones. Además, en esta fase deberán tenerse en cuenta los traslados entre máquinas, el punte en que se verifica el control de calidad, y las precauciones específicas a adoptar por razones de seguridad. Si resulta necesario algún timo de movimiento entre maquinas, se representa en la ficha mediante una línea ondulada que va desde el punto final del tiempo de operación manual precedente al siguiente tiempo de operación manual.

5.- La fases 3 y 4 se repetirán hasta finalizar con el conjunto de la ruta de, operaciones. Una vez concluidas dichas fases, si la línea de puntos de tiempo de proceso de la máquina llega hasta la línea continua de la próxima operación manual, la secuencia de operaciones no es factible y habrá que elegir alguna otra.

6. -Puesto que la ruta de operaciones se articula para cubrir la totalidad de los procesos establecidos en la fase 2, la ruta debe haberse completado en el momento de inicio del siguiente ciclo. Si se precisa tiempo de traslado, se dibujará la correspondiente línea ondulada.

7.- Si el punto final coincide con la línea roja del ciclo de tiempo, la ruta de operaciones corresponde a una combinación adecuada. Si la operación final termina antes de la línea del ciclo de tiempo se habrá de considerar si se pueden añadir más operaciones. Si la operación final sobrepasa la línea del ciclo de tiempo, habrá que pensar en reducir lo que sobre, lo que podrá conseguirse mejorando algunas operaciones del trabajador.

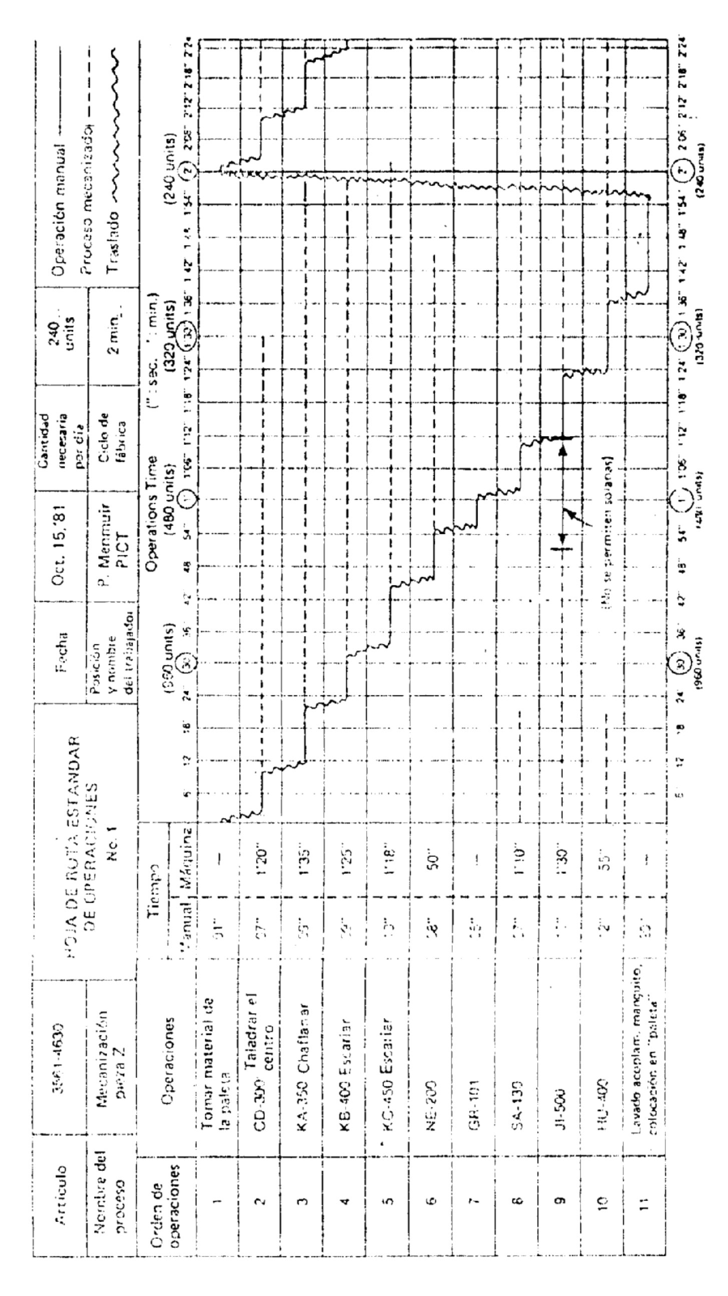


Fig.7.3.- Hoja de ruta estándar de operaciones

8.- finalmente, el supervisor deberá intentar ejecutar la ruta estándar de operaciones final. Si lo consigue de modo confortable dentro del ciclo de fabricación, la ruta podrá enseñarse a los trabajadores.

La asignación de las diversas operaciones entre los trabajadores deberá ser tal que cada uno de los operarios pueda concluir las operaciones que le hayan sido asignadas dentro de su fabricación especificadas. También la distribución en plantas de los procesos deben ser tal que cada trabajador tenga el mismo ciclo de modo que pueda realizarse el equilibrado de la línea de producción entre los diferentes procesos. La Fig. 7.4 muestra un esquema simplificado de la asignación de operaciones y de la distribución en la planta de los procesos. Si hay demasiado tiempo de espera al final de la ruta de las operaciones de la Fig. 7.3., podrá instrumentarse un doble cielo de fabricación para llevar a cabo de modo simultaneo operaciones por parte de dos o tres trabajadores sujetos a la misma ruta de operaciones, lo que ayudará a eliminar los tiempos muertos en el ciclo de tiempo Fig. 7.5.). Por otra parte, mediante una mejora (le operaciones del proceso en cuestión, podría introducirse en el ciclo un operación mas.

Sistema Yo-i-don (sincronización)

Yo-i-don significa “¡preparados, listos, ya!”. Se trata de un método para equilibrar el tiempo de la producción (sincronización) entre varios procesos en que no existe cinta transportadora. Pudiendo también utilizarse como método de medir la capacidad de producción de cada proceso.

Examinamos detalladamente el sistema Yo-i-don mediante Andon. En una planta de soldadura de carrocería de la Daihatsu Motor Company (Contratista de Toyota), existen 6 procesos de soldadura inferior (U1, U2…U6), 6 procesos de soldadura lateral (S1, S2…S6) y 4 procesos principales (M1, M2…, M4) como muestra la figura 7.6. En algunas empresas la planta de soldadura de carrocería se denomina también fabrica de chapa, línea de montaje carrocería o, simplemente línea de carrocería.

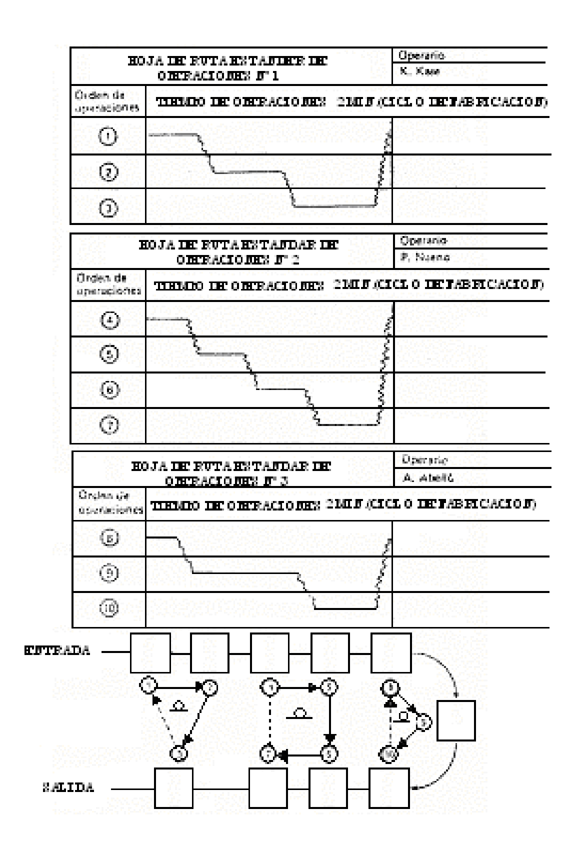


Fig. 7.4 - Asignación de operaciones y distribución en la planta de procesos

La planta de soldadura de carrocería debe producir una unidad de un producto en 3 minutos 35 segundos (el ciclo de fabricación de dicha fábrica). El tiempo estándar por unidad de producto, para completar cada proceso, se establece dividiendo el ciclo de fabricación en 3 partes iguales de modo acumulativo, es decir, 1/3, 2/3 y 3/3 a medida que el tiempo transcurre. El tablero de la Fig. 7.7., denominado Andon se coloca en alto, en el techo de la fábrica, para que todo el personal lo vea.

Los trabajadores de cada uno de los procesos de carrocería deben completar sus operaciones respectivas en el periodo de 3 minutos 35 segundos (ciclo de fabricación). En al momento inicial del ciclo cada trabajador prepara el trabajo para el primer proceso a realizar. Si cada trabajador concluye sus operaciones sus operaciones en todos los procesos de que es responsable y transfiere su trabajo terminado al próximo proceso dentro del ciclo de tiempo, la planta de soldadura de carrocería puede en su conjunto producir en 3 minutos 35 segundos una unidad de producto terminado.

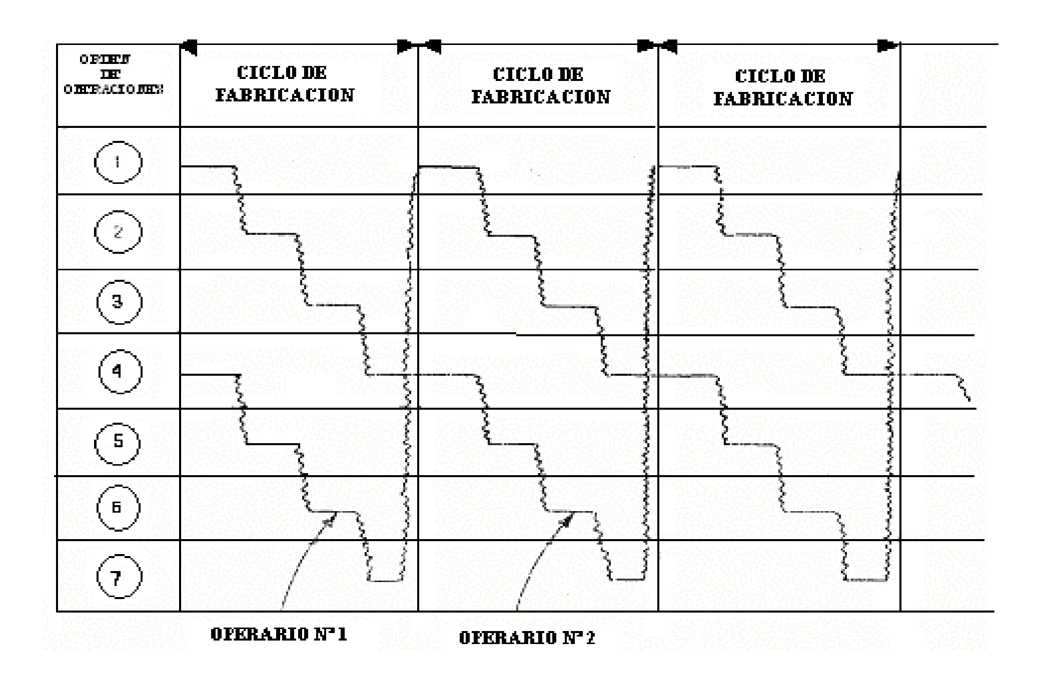


Fig. 7.5.- Doble ciclo de fabricación para dos operarios

El operario pulsara su botón en cada proceso al terminar su tarea y, tras 3 minutos 5 segundos la luz roja de Andon se encenderá automáticamente solo para proceso cuya tarea no se haya ejecutado por completo puesto que la luz roja indica un retraso en el proceso, el conjunto de líneas se define mientras dicha luz permanece encendida.

Por ejemplo, la luz roja puede haberse encendido en el proceso U4, S5 y M2 cuando eso sucede el supervisor o un trabajador cercano ayuda a los operarios d he dicho proceso a terminar sus tareas. En la mayoría de las ocasiones la luz roja se apaga en 10 segundos.

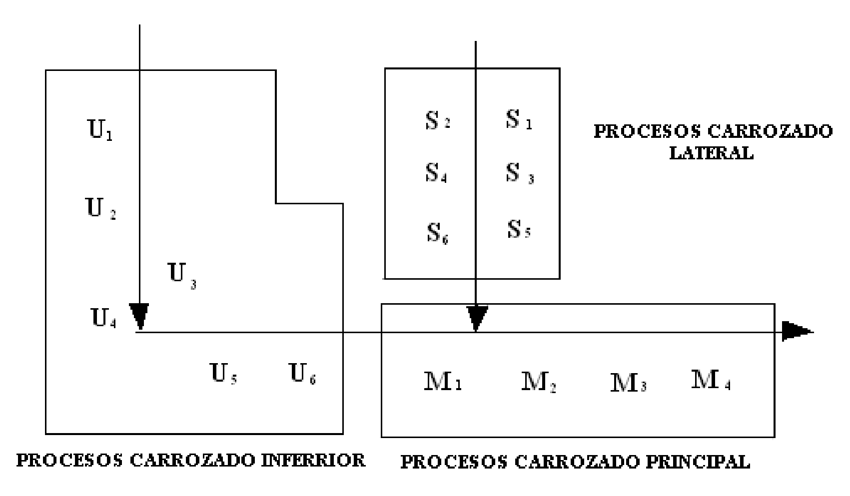


Fig. 7.6 – Proceso en la plante de soldadura de carrocería

1/3		2/3		3/3	
U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6
S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
M_1	M_2		M_3	M_4	

Fig.7.7 Andon de planta de carrocería

El siguiente ciclo comenzará en este momento y también darán comienzo nuevamente las operaciones de todos los procesos. Esto se denomina Yo-i-don y lleva a cabo la producción equilibrada entre todos los procesos. El sistema utiliza el Andon, el ciclo de fabricación. un método multiproceso de producción, y el transporte pieza a pieza. El Andon se denomina también en este caso "cuadro informador d terminación de procesos", distinguiéndose en ocasiones del cuadro Andon usual en Toyota.

En cierto sentido, el sistema Yo-i-don es una modificación del llamado "Tact System". En este último, el supervisor vigilará el Conjunto de los procesos y cuando todos los operarios hayan concluido sus respectivas tareas, indicará que e producto debe pasar de este proceso al siguiente. En cambio, con el sistema Yo-i-clon de Toyota esta función se ve reemplazada por el Andon. En el futuro se habrán de tener en cuenta las otras consideraciones y expectativas, generadas por la introducción de robots (la soldadura, cintas transportadoras entre procesos y sistemas centrales (los ordenadores que controlan las líneas de soldadura de carrocería.

Preparación de una vez

La secuencia de las máquinas es un problema importante en las rutas de operaciones complejas. Si se disponen muchas máquinas diferentes de modo sucesivo. ¿Cómo se resolverán los problemas de preparación.

Supongamos, por ejemplo, que tenemos diferentes tipos de máquinas, tales como una plegadora (W), una prensa (X), una soldadora (Y) y una taladradora (Z), dispuestas en sucesión en cierto proceso de mecanización. (Fig. 7.8.). Supongamos que esas cuatro máquinas son

manejadas por un trabajador polivalente que, aunque está ahora procesando la pieza A deberá tratar luego la pieza B en este proceso multirnecanizado.

Orden del proceso

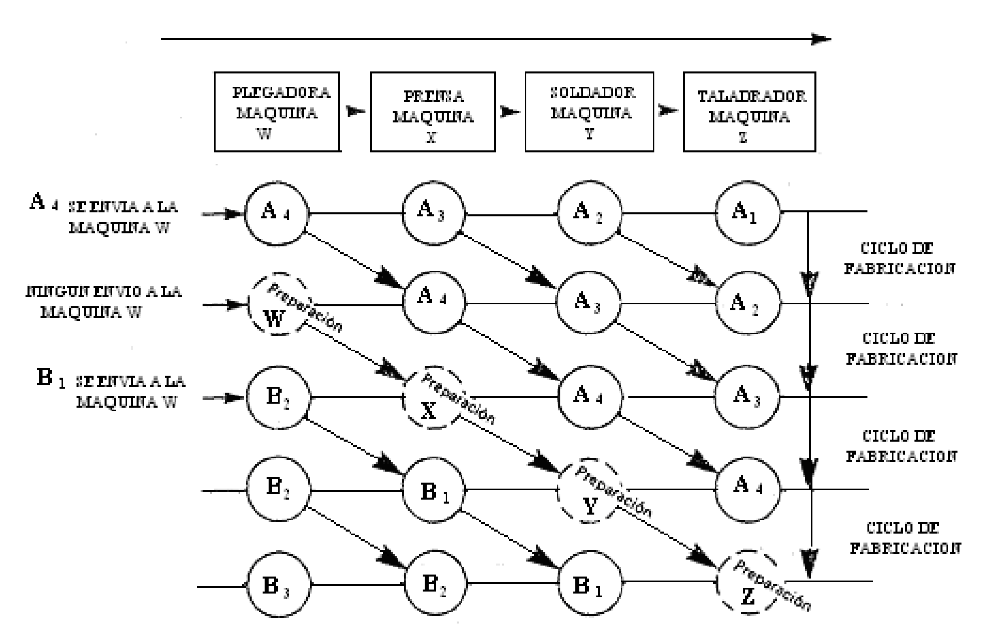


Fig. 7.8. —Preparación de una vez

Para cambiar la producción de la pieza A a la pieza B, el operario nunca prepara las cuatro máquinas después de haber concluido el proceso total de la pieza A en las máquinas, pues de hacerlo así, aumentaría considerablemen1 el plazo de fabricación.

En lugar de ello, el operario comenzará la peparaci6rl para la pieza B mientras la pieza A se encuentra todavía en proceso. Adviértase que sólo una unidad de una pieza puede pasar por cada máquina en un Ciclo de fabricación. Por tanto, cuando la última unidad de la pieza A ha sido procesada en la primera máquina no se envía ninguna pieza a esa máquina y, m ¡entras tanto, se realiza en ella la acción de preparación. En otras palabras, la máquina W se preparará en el ciclo de fabricación.

Las cuatro máquinas pueden prepararse sacrificando la producción de sólo una unidad de la pieza B. Si las cuatro máquinas se manejan por un trabajador polivalente, todas se prepararán en cuatro ciclos. Si cada máquina se maneja de modo separado por operarios

distintos, las cuatro se prepararán en un ciclo. En Toyota, este tipo de preparación se denomina preparación de una vez. (Fig. 7.8.).

Determinación de la cantidad estándar de trabajo en curso.

La cantidad estándar de trabajo en curso es la cantidad mínima necesaria de trabajo en curso en la línea de producción; se compone, principalmente, del trabajo situado entre las máquinas, así corno del asignado a cada máquina. Las existencias en el almacén de productos terminados no se consideran a estos efectos.

Sin esta cantidad de trabajo no podrían llevarse a cabo las operaciones cíclicas predeterminadas para las distintas máquinas de la lírica. La cantidad estándar en curso varía según las siguientes matizaciones en relación con la disposición de las máquinas y las rutas de operaciones:

— Si la ruta de operaciones sigue el mismo orden de la secuencia del proceso, sólo es necesario el trabajo en curso en cada, máquina y no será preciso mantener trabajo entre máquinas.

--- Sin embargo, si la ruta de operaciones sigue un orden opuesto al (le la secuencia del proceso, resulta necesario mantener entre maquinas al menos una unidad de trabajo.

Al determinar la cantidad estándar de trabajo requerido, deben tomarse además en consideración los siguientes puntos:

— La cantidad necesaria para comprobar la calidad del producto en las situaciones necesarias del proceso.

— La cantidad a mantener hasta que la temperatura de una unidad salida (le la máquina precedente descienda a cierto nivel.

La calidad estándar a mantener debe hacerse tan pequeña como sea posible, dada la necesidad de reducir costes de almacenaje. El control visual para comprobar la calidad del producto y las mejoras en el proceso se llevarán a cabo más fácilmente al hacerse más evidentes los defectos.

Preparación de la hoja estándar de operaciones

La hoja estándar de operaciones es el documento final necesario en Toyota para la estandarización de las operaciones. Esta ficha (figura7.9.) continué los elementos siguientes:

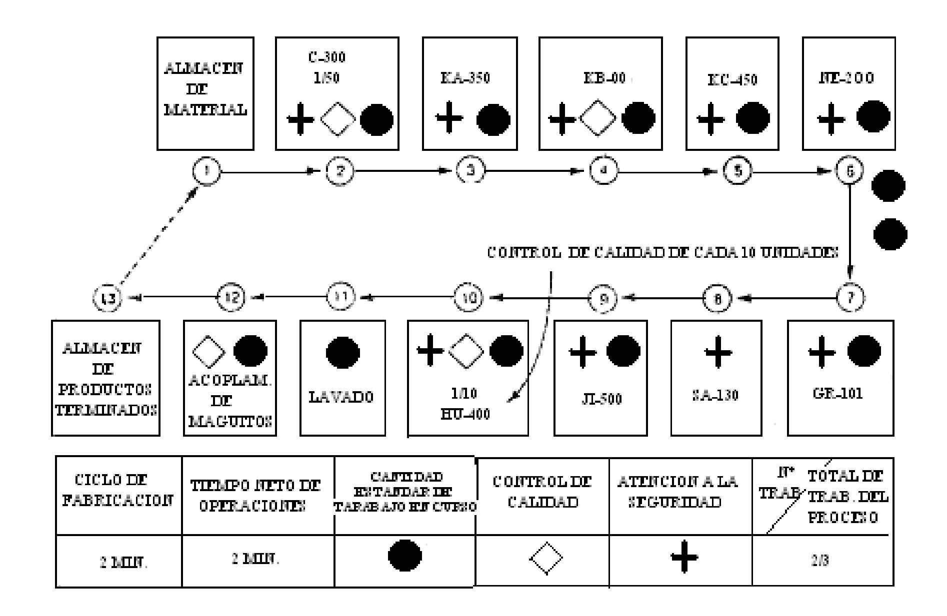


Fig. 7.9. - Hoja estándar de operaciones

— ciclo de fabricación

— Ruta de operaciones

— Cantidad estándar de trabajo en curso Tiempo neto de operación

— Posiciones pura control de calidad del producto

— Posiciones para prestar atención a la seguridad del trabajador

Cuando una ficha estándar de operaciones se sitúa de modo que cada trabajador del proceso pueda contemplarla, puede utilizarse para el control visual en las siguientes tres áreas:

1.- Como guía para cada operario, contiene la ruta estándar de operaciones.

2.- Ayuda al capataz o supervisor en su comprobación para asegurarse de que cada trabajador sigue el estándar de operaciones.

3.- Ayuda al directivo superior a evaluar la habilidad del supervisor, puesto que el estándar de operaciones habrá de revisarse con frecuencia para mejorar las operaciones del

proceso. Si la ficha estándar de operaciones se mantiene largo tiempo sin revisar, el directivo supondrá que el supervisor no está procurando mejorar las operaciones.

Formación y seguimiento adecuados: la clave para el éxito del sistema.

Puesto que el estándar de operaciones se prepara por el supervisor

(Encargado), éste debe ser capuz de ejecutar tales operaciones perfectamente e instruir a sus operarios. El supervisor no sólo enseñará las operaciones, sino que explicará asimismo las razones por las que los estándares deben mantenerse (es decir, los objetivos del estándar de operaciones), lo que proporciona a los trabajadores el incentivo de responsabilizarlos en la calidad del producto.

Para asegurarse de que los trabajadores han comprendido los estándares, se preparan las (los fichas denominarlas Nota sobre puntos clave de las operaciones y Guía de operaciones y se les envían. La nota sobre puntos clave de las operaciones describe los puntos importantes de cada operación en la ruta estándar de operaciones, mientras que la guía de operaciones explicará los detalles de cada operación en cada línea, así como el método para comprobar la calidad de los productos. Ambas contienen igualmente ciatos proporcionados por la ficha estándar de operaciones.

El supervisor debe comprobar siempre, personalmente, si los estándares se siguen en su sección. Si no se mantienen, instruirá de forma inmediata a los tajadores sobre los procedimientos apropiados. Si son los estándares los que están mal, entonces deberá revisarlos de inmediato.

Un cuadro eléctrico muestra las cantidades reales y programadas de producción al término de cada ciclo de fabricación y para cada proceso. El supervisor debe comprobar los resultados de la mejora del estándar de operaciones y, si encuentra algo anormal en el proceso, investigar 105 motivos y adoptar raed idas correctoras. Las acciones correctivas del supervisor se consideran como control corriente u operativo pero los resultados mensuales se evaluaran por medio del tradicional sistema de control presupuestario.

Finalmente, resulta importante revisar regularmente el estándar d operaciones, dado que, en un proceso, siempre hay alguna imperfección y se requieren mejoras de las operaciones. La idea mas importante en que se basa el sistema Toyota de producción se resume en esta frase: “El progreso de una compañía a sólo puede Continuos esfuerzos de todos sus miembros para mejorar sus actividades”.

Capitulo 8

La distribución en planta de las máquinas, la polivalencia de los trabajadores y la rotación de tareas ayudan a conseguir talleres flexibles.

Toyota fabrica una variedad de automóviles con numerosas especificaciones diferentes. Cada tipo de coche se encuentra siempre sujeto a las fluctuaciones de la demanda .Por ejemplo, la demanda del coche A puede disminuir mientras, al mismo tiempo, aumenta la demanda del coche B .Por ello, la carga del trabajo de cada lección de la fábrica debe ser evaluada frecuentemente y cambiada periódicamente. Continuando con el ejemplo, cierto número de trabajadores de la sección del coche A habrán de ser transferidos a la del coche B, para que cada sección pueda adaptarse a los cambios de la demanda con el mínimo número necesario de trabajadores.

Además, cuando se reduce la demanda de todos los tipos de productos por una depresión generalizada de la economía o alguna restricción exterior a la exportación, la compañía habrá de ser capaz de reducir el número de trabajadores de cualquier sección a base de trabajadores a tiempo parcial o personal extraordinario procedente de empresas del mismo grupo.

Shojinka: adaptación a la demanda mediante la flexibilidad.

El logro de la flexibilidad en el número de trabajadores de una sección para adaptarse a las modificaciones de la demanda, se denomina Shojinka. En otras palabras, Shojinka significa, en el sistema Toyota de producción, la alteración (disminución o aumento) del número de trabajadores en una sección cuando cambia a su vez la demanda de producción (por disminución o por incremento).

Shojinka tiene un sentido especial, cuando el número de trabajadores debe reducirse por una disminución de la demanda. Por ejemplo, en una línea, cinco operarios ejecutan tareas que producen cierto número de unidades. Si la cantidad de producción de esa línea se reduce al 80 %, en número de trabajadores deberá reducirse a 4 (= 5 x 0, 80); si la demanda disminuyera hasta el 20%, el número de trabajadores se reduciría a uno.

Obviamente, por tanto, Shojinka equivale a incrementar la productividad mediante ajuste y reprogramación de los recursos humanos. Lo que, en el título del presente Capítulo se ha llamado taller flexible es, esencialmente, una unidad de fabricación en que se ha conseguido la efectividad del Shojinka. Y para ello aparecen, como requisitos previos, los tres factores siguientes:

1.- Diseño apropiado de la distribución en planta de las máquinas.

2.- Personal versátil y bien entrenado, es decir, trabajadores polivalentes.

3.- Evaluación continua y revisión periódica de la ruta estándar de operaciones.

La distribución en planta de la maquinaria, propia del Shojinka aplicado en Toyota, es la combinación de líneas en forma de U. Con esta disposición, el tipo de las tareas a realizar por cada trabajador puede aumentarse o reducirse muy fácilmente. Sin embargo, dicha distribución supone la existencia de personal polivalente.

La polivalencia de los operarios se fomenta en Toyota mediante el sistema de rotación del sistema de tareas. Y, finalmente, la revisión de la ruta estándar de operaciones se realiza mediante continuas mejoras en los trabajadores manuales y de máquina. El propósito de estas mejoras es la reducción de número de trabajadores necesario incluso en un período de incremento de demanda.

Las relaciones entre estos requisitos previos se muestran en la Fig. 8.1. El presente Capítulo se dedica explicar los factores que afectan a la ampliación o reducción del número de tarea a realizar por cada trabajador.

Diseño de la distribución en planta: la distribución en U.

Lo esencial de la distribución en U es que la entrada y la salida de una línea se encuentran en la misma posición. La distribución en forma de U presenta algunas variaciones, tales como las formas cóncava ( ) y circular (Fig. 8.2.). La principal y la más notable ventaja de esta disposición es la flexibilidad para aumentar o disminuir el número necesario de trabajadores, adaptándose a los cambios en las cantidades a producir (modificaciones de la demanda). Lo cual puede efectuarse incrementando o disminuyendo el número de operarios en el área interior de la línea dispuesta en forma de U. (Fig. 8.2.).

La producción de arrastre Just-in-time puede también conseguirse en cada proceso. Una unidad de material entrará al proceso mientras una unidad de producto se dirige a la salida. Puesto que ambas operaciones se llevan a cabo por el mismo trabajador, la cantidad de trabajo en curso en la maquinaria permanece siempre constante. Al mismo tiempo, como se mantienen una cantidad estándar de existencia en cada máquina, cualquier desequilibrio de operaciones

entre los operarios se haría visible, lo que ayuda a llevar a cabo acciones para mejorar el proceso.

Finalmente, la disposición en U permite desarrollar áreas o regiones para operaciones específicas. Los sistemas que utilizan máquinas ampliamente automatizadas sitúan a menudo a los trabajadores únicamente a la entrada y a la salida. Puede tomarse como ejemplo una cadena suspendida. Si las posiciones para carga y descarga de material están distantes, se necesitarán dos personas y cada operario tendrá tiempo ocioso o tiempo de espera. Sin embargo, si las posiciones de carga y descarga se encuentran situadas en el mismo punto de la línea, un solo operario puede manejar tanto las tareas de entrada como las de salida.

Distribuciones inapropiadas.

Las distribuciones inapropiadas, evitadas por Toyota, pueden clasificarse en tres categorías principales: jaulas de pájaro, islotes y disposiciones lineales.

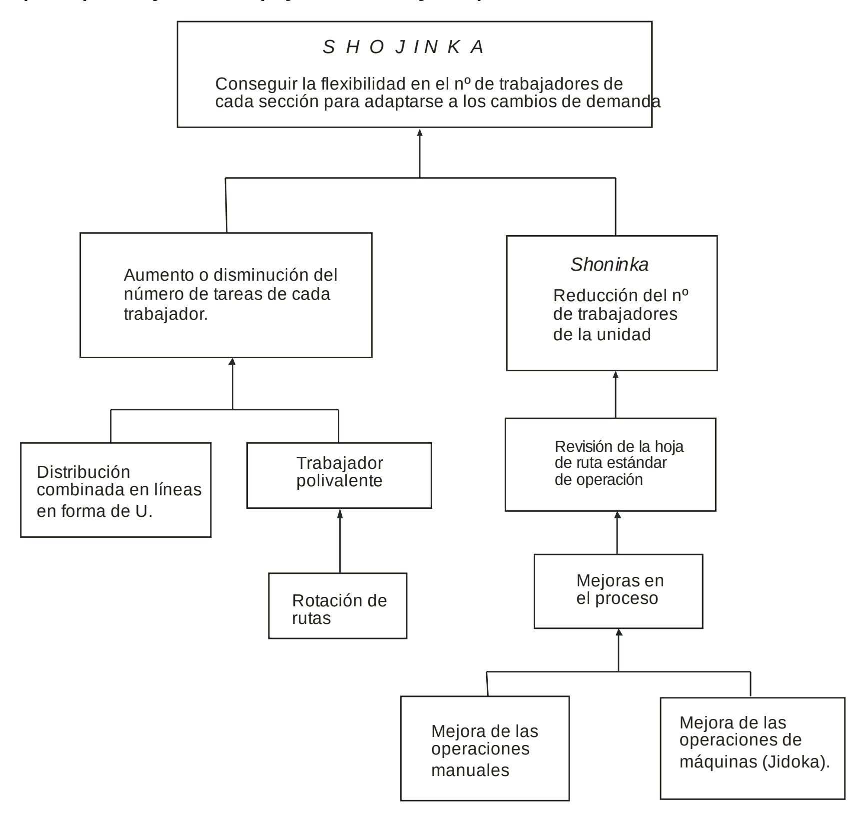


Fig.8.1 Factores causales para la realización de Shojinka

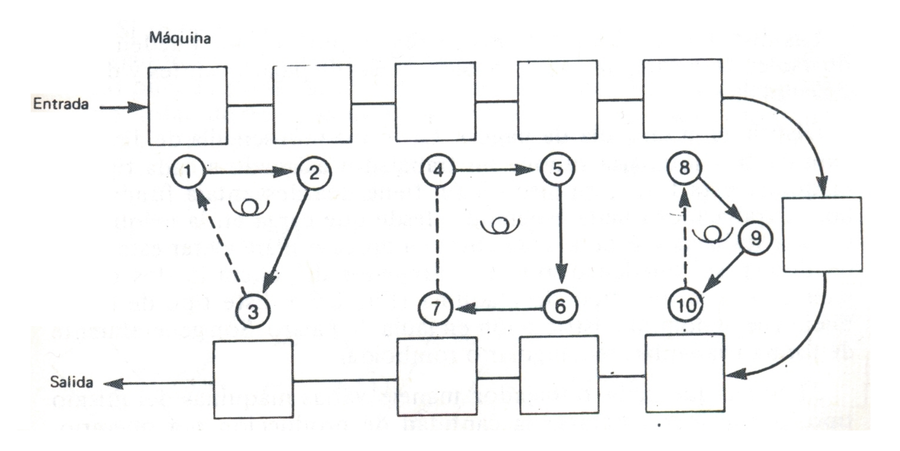


Fig.8.2 Distribución de la planta en forma de U

Distribución en jaula de pájaro. La forma más sencilla de distribución de la maquinaria supone un trabajador asignado a cada tipo de máquina.Esta forma de disposición tiene una desventaja fundamental: el trabajador queda esperando desde que carga en la máquina la pieza a trabajar y ésta se encuentra en proceso. Para evitar este tiempo de espera, pueden disponerse alrededor del operario dos o más puestos del mismo tipo de máquina (Fig.8.3.). Este tipo de distribución se denomina distribución en jaula de pájaro.Son generalmente de forma triangular, rectangular o romboidal.

Al hacer que cada trabajador maneje varias máquinas del mismo tipo, puede incrementarse la cantidad de producción por operario. Aunque este método supone una gran mejora sobre la disposición de máquina única, al aumentar la cantidad de producción por trabajador se incrementa también la cantidad de existencias de productos semielaborados o intermedios en cada posición. Como resultado, se dificulta el equilibrado de las líneas y los productos semiterminados no pueden fluir de modo continuo entre los diversos procesos productivos. Resulta difícil la sincronización entre puestos de trabajo y como contrapartida, el plazo de fabricación de los productos terminados sube espectacularmente.

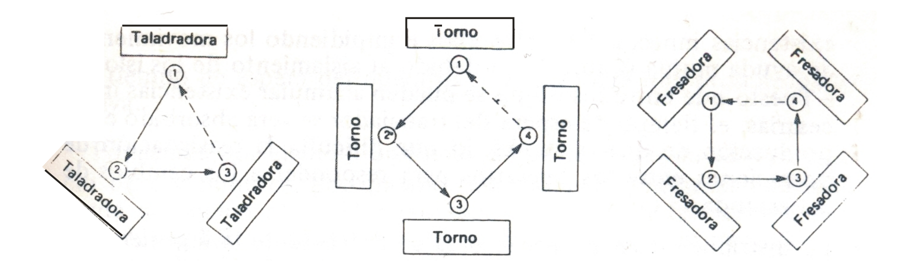


Fig. 8.3. - Tipos de distribución en jaula de pájaro

Distribución en islotes.

Para evitar el exceso de inventarios intermedios de cada puesto y disminuir el tiempo de transporte, puede mejorarse la disposición en planta de las máquinas incrementando la velocidad de producción de un producto terminado. Para ello, la disposición de las máquinas deberá tener el mismo orden que la secuencia de procesos de una pieza (Véase Fig.8.4.). Esta disposición supone la existencia de un operario polivalente y posibilita un flujo continuo y equilibrado de productos entre los diferentes tipos de máquinas, asegurando asimismo una ruta continua de desplazamiento mínimo para cada trabajador. Este tipo de disposición es la disposición en islote.

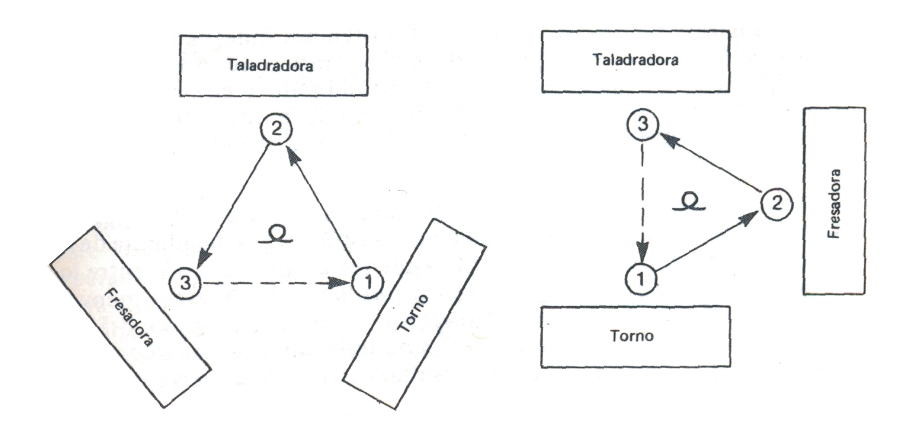


Fig. 8.4. - Distribución en islotes

Toyota rechaza todos los tipos de distribución en islote, por presentar las siguientes desventajas:

- Si toda la fábrica se encuentra organizada de esta forma, los trabajadores se encuentran separados entre sí y, por consiguiente no pueden prestarse ayuda, lo que dificulta el logro del equilibrado total de la producción entre diversos procesos, ocasionando existencias innecesarias entre ellos e impidiendo los movimientos de ayuda mutua (Capítulo 5) debido al aislamiento de los islotes.
- Puesto que entre los islotes se pueden acumular existencias innecesarias, el tiempo de espera del trabajador se verá absorbido en la producción de dichos stocks, lo que dificulta la reasignación de operaciones entre los operarios para responder a los cambios de la demanda.

La distribución en islotes se basa en la teoría de la ingeniería de método según la cual ningún trabajador debe desplazarse mientras se encuentra trabajando en cierta posición, idea desarrollada por Henry Ford. Esta idea es correcta si la productividad se contempla como eficiencia individual de los trabajadores, pero es incorrecta cuando se ve desde el punto de vista del equilibrado de las líneas para el conjunto de la fábrica y de la minimización del número total de operarios. Por lo que respecta a los islotes, es asimismo importante la forma de utilizar cintas transportadoras. Estas se utilizan, generalmente, sólo para transportar productos del puesto A al B. En este caso, el operario del puesto A se encuentra separado del de B y no pueden por tanto, ayudarse uno a otro en el trabajo. Toyota eliminaría la cinta transportadora en dichos casos.

Distribución lineal. Para hacer frente a las desventajas de la disposición en islotes, pueden colocarse diferentes tipos de máquinas de forma lineal (Fig.8.5.). Con esta organización, los operarios pueden moverse entre máquinas. Se trata de una de las características típicas de la disposición en planta de Toyota.

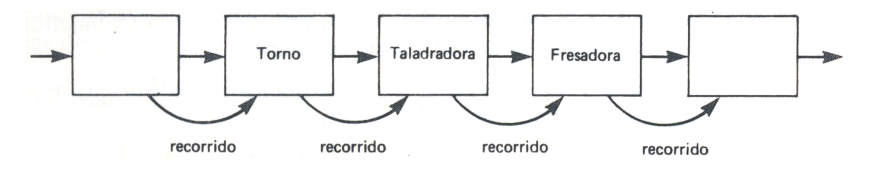


Fig.8.5.- Distribución lineal

Al utilizar esta distribución lineal puede eliminarse uno de los principales inconvenientes de los islotes (existencias innecesarias de productos entre procesos), lográndose de este modo que los productos circulen entre las máquinas de modo equilibrado y con rapidez. No puede, sin

embargo, eliminarse el problema de la dificultad de reasignación de las operaciones entre los trabajadores para adaptarse a los cambios de la demanda.

Otro problema asociado con este sistema aparece cuando en las máquinas dispuestas en forma lineal cada línea es independiente de las demás. En tal situación, el replanteamiento de operaciones entre los trabajadores según la demanda de los productos, requiere a menudo un número fraccionario de trabajadores, como, por ejemplo, 8,5. Pero como no resulta posible tener 0,5 de trabajador, habrá que redondear hasta una persona y, como resultado, aparecerá cierta cantidad de tiempo de espera del operario o se efectuará una producción excesiva.

Pongamos por ejemplo una unidad que se ha producido, en un ciclo de dos minutos, por un solo trabajador. Supongamos que la demanda de coches se ha incrementado y el ciclo de fabricación se ha reducido a 1,5 minuto por unidad. En tal caso, si un operario puede normalmente terminar la mitad del total de sus tareas para ejecutar una unidad de producto en un minuto, habrá que introducir en el proceso un operario adicional para completar la mitad restante de las tareas. Como resultado, cada uno de los dos trabajadores del proceso debe tener un tiempo de espera de 0.5 minutos en cada ciclo de tiempo. O bien, si el primer operario realiza más tarea en 1.5 minutos, sin permanecer por tanto ocioso tiempo alguno, el segundo operario dispondrá de un minuto completo de tiempo ocioso.

Combinación de líneas en forma de U.

Para evitar el problema de un número fraccionario de trabajadores, Toyota decidió combinar en su caso varias líneas en forma de U dentro de una línea integrada. Utilizando esta distribución combinada, puede llevarse a cabo la asignación de operaciones entre trabajadores para responder a las variaciones de la demanda, siguiéndose para ello los procedimientos de la ruta estándar de operaciones.

El siguiente ejemplo mostrará cómo puede lograrse Shojinka mediante este concepto. Supongamos que tenemos un proceso combinado consistente en seis líneas diferente (A-F) y cada línea fabrica un equipo distinto (Fig.8.6.). De acuerdo con la demanda mensual de enero, el ciclo de fabricación de este proceso combinado fue de un minuto por unidad. Con este ciclo, trabajan en el proceso ocho personas (Fig.8.7.) y la ruta de desplazamiento de cada operario se representa mediante una flecha.

En febrero, sin embargo la demanda mensual del producto ha decrecido, incrementándose el ciclo de tiempo del proceso hasta 1,2 minutos por unidad. En consecuencia, todas las operaciones de la línea combinada fueron reasignadas entre los trabajadores, teniendo ahora cada trabajador que ejecutar más operaciones que en enero. La Fig. 8.8. muestra cómo la ruta de desplazamiento de cada operario se ha extendido de acuerdo con la nueva reasignación de operaciones. En este caso, el operario realiza como trabajo adicional, algunas de las operaciones que hacían en enero el operario 2; éste, por su parte, lleva también a cabo algunas tareas adicionales que en enero desempeñaba el operario 3. El resultado de la expansión de la ruta de desplazamiento de cada trabajador, es que los operarios 7 y 8 pueden ser eliminados de la línea combinada. De este modo la fracción de trabajador que aparecía en la distribución lineal, se ha absorbido en varias líneas individuales con esta distribución combinada.

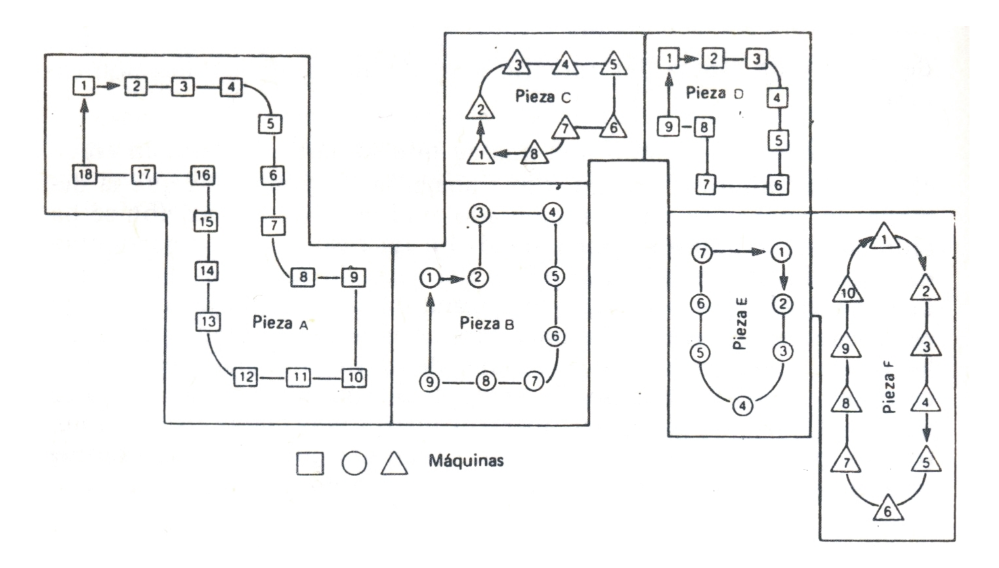


Fig. 8.6. – Línea combinada de fabricación de seis tipos de piezas (A - F)

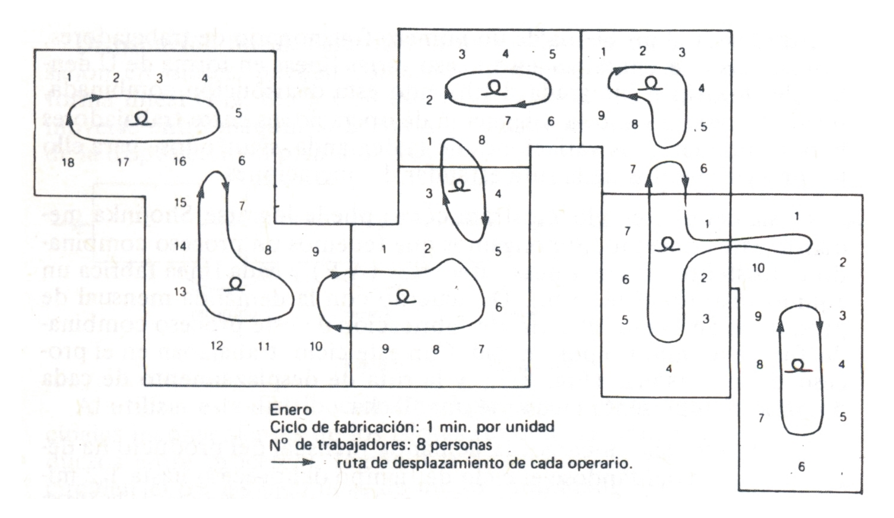


Fig. 8.7. - Asignación de operaciones entre trabajadores en enero.

Lograr el Shojinka mediante trabajadores polivalentes.

La Fig.8.1. mostraba que la capacidad para aumentar o disminuir el número de tareas llevadas a cabo por cada trabajador es un factor clave para la realización del Shojinka. Una distribución en planta de las máquinas cuidadosamente diseñadas, ayuda a desarrollar dicha capacidad, pero no puede por si sola conseguir el Shojinka.

Recuérdese que el verdadero sentido de Shojinka es la capacidad para modificar rápidamente el número de trabajadores de cada sección, respondiendo así a los cambios de la demanda. Contempladas desde la situación de un trabajador individual, Shojinka requiere que dicho trabajador sea capaz de responder a las variaciones del ciclo de fabricación, de las rutas de operaciones y, en muchos casos de los contenidos de las tareas individuales. Para responder con rapidez, el trabajador debe ser polivalente, es decir, haber sido formado como un trabajador capacitado para cualquier tipo de trabajo y para cualquier proceso.

Fomento de la polivalencia por medio de la rotación de tareas.

Obviamente, la formación del trabajador individual para convertirlo en polivalentes un importante elemento para la realización del Shojinka. Toyota utiliza para ello un sistema denominado rotación de tareas, según el cual cada trabajador desempeña de modo rotativo cada tarea de su sección. Después de un período, el trabajador individual logra pericia suficiente en cada tarea y se convierte con ello en un trabajador polivalente.

El sistema de rotación de tareas consta de tres fases principales. En primer lugar, cada encargado y supervisor deben desempeñar rotativamente cada tarea, consiguiendo su propia capacidad para actuar como polivalentes en la sección. En segundo lugar, cada trabajador de la sección opera de modo rotativo, entrenándose así para llevar acabo cada tarea de la sección. La fase final es la programación de la rotación de trabajos entre los trabajadores con una frecuencia de varias veces al día.

Toyota implantó en primer lugar la rotación de tareas en su Fábrica Tsutumi (Planta de Mecanización nº2) en que se procesan y montan diferenciales de ruedas traseras. La organización de la fábrica se indica en la Fig.8.9.

Adviértase cómo en cada taller, sección y línea hay un jefe de taller, contramaestre y capataz (o jefe de línea), respectivamente. Los operarios son responsabilidad de cada capataz, con un total de 220 empleados en la fábrica. La rotación de los trabajadores entre las diferentes tareas se ha puesto en práctica siguiendo las tres etapas antes descritas.

Fase 1.- Rotación de los supervisores. Para convertir a los trabajadores generales en polivalentes, los encargados y supervisores deben mostrarse ellos mismos como modelos o ejemplos de polivalencia. Por ello todos los jefes de taller contramaestres y jefes de línea (alrededor de 60 personas en total) han rotado entre cada una de las secciones y líneas de la fábrica. Puesto que la rotación de todos los encargados y supervisores tarda tres años en completarse, el plan de rotación de trabajos se implementa como parte de un programa planificado a largo plazo.

Fase 2.- Rotación de trabajadores en cada sección. Para llevar a cabo esta fase, hay que programar un plan de adiestramiento para los trabajadores, tal como la planificada para la sección nº523 en la Fig.8.10. Este plan se ha elaborado por los contramaestres de modo que cada operario de la sección pueda dominar cualquier tipo de operación de cada proceso de la sección.

Para promover el plan de adiestramiento, hay que formular una tasa de polivalencia para cada sección, según la fórmula siguiente:

$$Tasa\ de\ polivalencia = \frac{\sum_{i=1}^{n} \text{Número de proceso que cada trabajador } (i) \text{ ha dominado}}{n^{o}\ \text{total de procesos de la seccion} \times n}$$

Donde n= número total de trabajadores de la sección.

El objetivo de Toyota respecto a esta tasa fué del 60% para el primer año (l977) ,80% para el segundo año (l978) y 100% para el tercer año (l979). Sin embargo, la tasa media alcanzada en l979 en la fábrica Tsutsumi fué del 55%. Esta baja cifra se debió a la forma física del trabajador medio, al número de operarios procedentes de compañías filiales y al de personal a tiempo parcial y trabajadores recién incorporados. El actual plazo de adiestramiento de un trabajador para dominar cada trabajo varía generalmente desde varios días ha varias semanas.

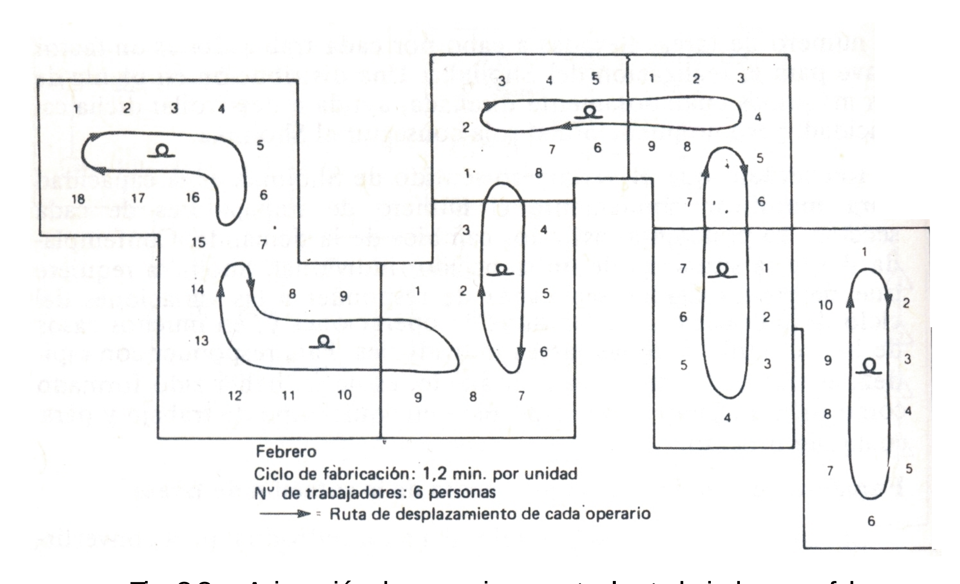


Fig. 8.8. – Asignación de operaciones entre los trabajadores en febrero

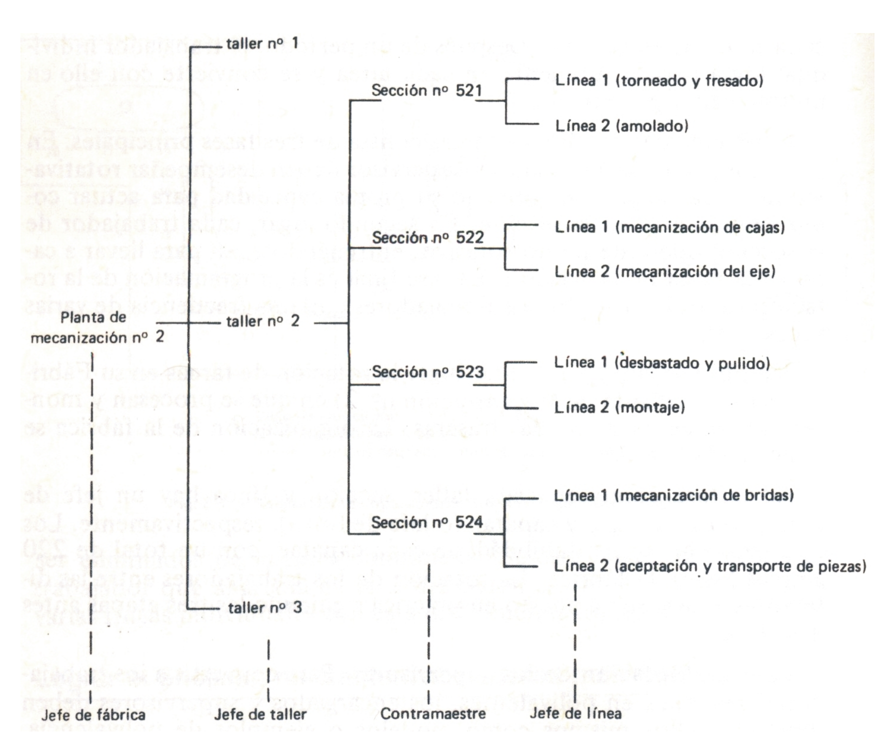
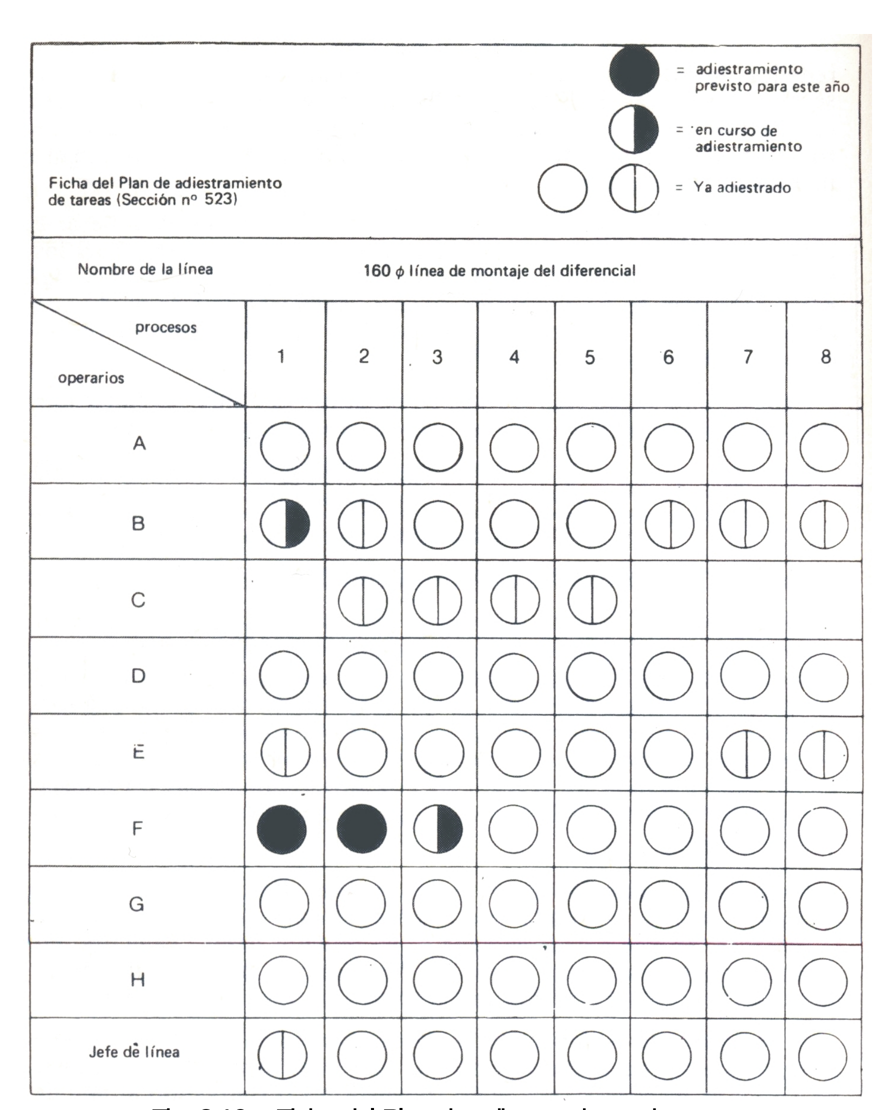


Fig. 8.9. - Organización de la planta de mecanización n° 2

Fase 3.- Rotación de tareas varias veces al día. El Shojinka puede realizarse cuando la citada tasa de polivalencia es alta realizándose la rotación de tareas cada semana o, en muchos casos, cada día. En algunos casos avanzados, todos los trabajadores pueden rotar entre todos los procesos de la línea en intervalos de dos a cuatro horas.

Un ejemplo de esta rotación de tareas avanzada ha podido realizarse en la línea 2 de la sección nº 523. En esta línea, los diferenciales de 160 o se montaban por ocho trabajadores (excluyendo al jefe de línea como refuerzo) en un ciclo de 26 segundos. La distribución en planta y la ruta estándar de operaciones de cada trabajador se expresan en la Fig. 8.11. Recordemos que cada proceso supone la ruta estándar de operaciones o, en otras palabras la ruta de desplazamiento de cada trabajador. Una ruta de desplazamiento como ésta no cambiará a menos que se cambie el ciclo de fabricación de la línea.

El tiempo de operación manual para completar una unidad en cada proceso era de aproximadamente 26 segundos para todos los trabajadores, excepto en el proceso 8. Las características del trabajo y el nivel de fatiga de cada proceso de la línea se describen en la Fig.8.12. El grado de fatiga en cada proceso será diferente según las diferencias de contenido de las operaciones.



Ficha del Plan de adiestramiento de tareas (Sección nº 523)

● = adiestramiento previsto para este año

◑ = en curso de adiestramiento

○ ⦶ = Ya adiestrado

Nombre de la línea: 160 ϕ línea de montaje del diferencial

operarios \ procesos	1	2	3	4	5	6	7	8
A	○	○	○	○	○	○	○	○
B	◑	⦶	○	○	○	⦶	⦶	⦶
C		⦶	⦶	⦶	⦶			
D	○	○	○	○	○	○	○	○
E	⦶	○	○	○	○	○	⦶	⦶
F	●	●	◑	○	○	○	○	○
G	○	○	○	○	○	○	○	○
H	○	○	○	○	○	○	○	○
Jefe de línea	⦶	○	○	○	○	○	○	○

Fig. 8.10. - Fiche del Plan de adiestramiento de tareas

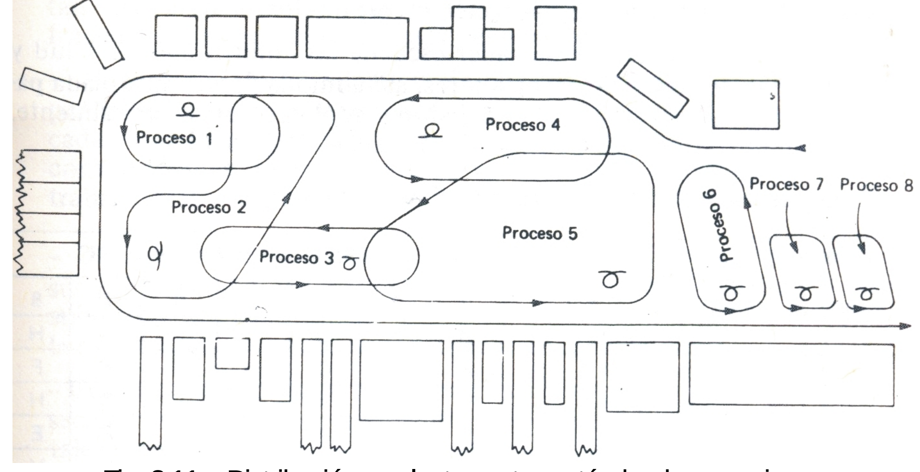


Fig. 8.11. - Distribución en planta y rutas estándar de operaciones.

Proceso nº	Contenido del trabajo de cada proceso	Característica de las operaciones	Tiempo de operaciones manuales	Nivel de fatiga
1	Caja diferencial	Se requiere habilidad digital para el trabajo	26″	4
2	Montaje de cubierta	Se requieren habilidad y conocimiento del control de calidad	26″	5
3	Ajuste de caja	Amplitud del recorrido	26″	3
4	Montaje del anillo del engranaje	Trabajo digital y trabajo duro del brazo derecho	26″	1
5	Ajuste del pre-montaje	Amplitud de recorrido, llevando material pesado	26″	2
6	Montaje de cojinete	Se requiere sensibilidad manual y digital	26″	6
7	Sujeción trasera	Trabajo hábil y tarea pesada para la cintura y los brazos	26″	7
8	Montaje de pernos	Tiempo de espera de 2 segundos.	24″	8

Fig. 8.12. —Características de las tareas y nivel de fatiga de cada proceso

La rotación de tareas en la sección 523 que realiza en intervalos de 2 horas. En primer lugar se programa la rotación de tareas para 5 días de la semana próxima. Al planificar este tipo de programas, hay que tener en cuenta que la asignación de los diversos proceso entre los trabajadores debe ser justa y hay que tener en cuenta también el programa de formación para los recién incorporados.

Cada mañana, el jefe de taller escucha las condiciones de salud y los deseos de todos los trabajadores, así como la forma apropiada para introducir en la línea trabajadores suplementarios. Finalmente determina el programa de rotación de tareas. (Fig.8.13.).

Programa de rotación de tareas (Taller nº 523)

Times of rotation	Line name / Process no. / Time interval	160 Ø differential carrier assembly line							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	8AM - 10AM	A	B	C	D	E	F	G	H
2	10AM - 12AM	G	A	B	C	D	H	E	F
3	1PM - 3PM	E	G	C	A	B	F	D	H
4	3PM - 5PM	D	C	G	B	A	H	F	E
5	5PM - 7PM	B	D	C	F	E	A	G	H

En este programa de rotación de tareas, han de considerarse las siguientes circunstancias de los trabajadores H, B y C:

- El trabajador H es veterano, pero enfermizo.
- El trabajador C es un operario ajeno a la empresa contratado a largo plazo.
- El trabajador B se encuentra en fase de adiestramiento para el proceso 1. Por ello, cuando este operario trabaja en el proceso 1 en su quinto período de rotación, el trabajador veterano D le ayudará como a un operario próximo.

En esta sección, todos los trabajadores, excepto C y H, realizarán diferentes tipos de trabajo en cada intervalo de dos horas. Puesto que la sección tiene un ciclo de fabricación reducido (26 segundos) el operario debe realizar poca variedad de tareas; ésta es la principal razón para asignar a la sección un intervalo de dos horas. En caso de que el ciclo de fabricación fuera mayor, los trabajadores tendrían que llevar a efecto mayor número de tareas diferente y habría de aplicarse un intervalo de cuatro horas. Algunas secciones llegan a tener intervalos de ocho horas (un día).

Ventajas adicionales de la rotación de tareas.

Entre las ventajas de la rotación de tareas comprobadas por Toyota en su fábrica Tsutsumi, se incluyen:

- Las actitudes de los trabajadores se hacen más favorables y puede prevenirse la fatiga muscular, con lo que los operarios prestan más atención y cuidado para evitar accidentes laborales. La frecuencia de los accidentes está decreciendo en esta fábrica.
- El sentimiento de injusticia de que los veteranos deben desempeñar los trabajos pesados, desaparecerá. Además, al comienzo de cada rotación, los operarios conversan entre ellos y, mediante estas conversaciones, se incrementan las relaciones humanas entre los trabajadores y se promueve el movimiento de ayuda mutua.
- Dado que los trabajadores veteranos y los supervisores enseñan sus propias habilidades y conocimientos a los más jóvenes y a sus subordinados, estas habilidades y conocimientos se extienden por la sección manteniéndose el estándar de operaciones.

- Como cada trabajador participa en cada uno de los procesos de la sección, se siente responsable de todos los objetivos de la misma, tales como seguridad, calidad, coste y cantidad de producción.
- En las nuevas secciones y procesos, todo el mundo (sea supervisor o subordinado) encuentra perspectiva renovadas y, mediante estos nuevos puntos de vista puede identificar problemas o aspectos a mejorar. De este modo, crecen de modo considerable las ideas y sugerencias para mejorar los procesos.

Los diversos beneficios pueden resumirse en una simple expresión: respeto por la dimensión humana. Se trata de una actitud considerablemente diferente de los esquemas tradicionales en que la producción masiva lleva a una división del trabajo y, a su vez a la especialización, simplificación de tareas y, finalmente, a la alineación de la persona.

Importancia del jefe de línea para proporcionar a los operarios tiempo libre y rotación de tareas.

Uno de los principales elementos que afectan al éxito del sistema de rotación de tareas, es el papel del capataz o jefe de línea. Además de guía, el jefe de línea proporciona a los trabajadores la posibilidad de disponer de tiempo libre mientras pueda desarrollarse la rotación de tareas. El jefe de línea o el contramaestre pueden siempre reemplazar a un trabajador de la línea cuando éste se toma un descanso o intercambia tareas con otro operario.

Supongamos que el trabajador A desea tomarse un descanso (o pasar a otro tipo de tarea). Llama entonces a su jefe de línea o al contramaestre y le explica su intención.
El jefe de línea tomará la tarea del operario A mientras éste descansa, tras de lo cual A puede dirigirse al operario B y pedirle un cambio de trabajo. Si B deja entonces su proceso, A realiza el trabajo de B. Si el trabajador B no desea descansar, podrá requerir a otro trabajador para cambiar de trabajo, pasando éste a descansar mientras B lleva acabo su nueva tarea.

De este modo, cualquier trabajador puede tomarse un descanso y cambiar de tarea con otro operario. Este proceso puede verificarse tantas veces como un trabajador lo desee si se ha establecido un programa de rotación de tarea (Fig.8.13.) y no existen asignaciones para tiempo de descanso en la hoja de ruta estándar de operaciones.

América versus Japón: el trabajador polivalente

El personal polivalente no es algo único de Toyota. De hecho, se trata de un concepto extendido por numerosas compañías del Japón. Viene a la mente la siguiente cuestión: " ¿ Cómo puede haberse extendido en las compañías japonesas la polivalencia del personal que difícilmente se encuentra en las compañías americanas ". Para comprender la razón de esta diferencia, lo mejor es realizar el estudio de un caso relativo a una compañía normal en el entorno empresarial americano, como la Caterpillar Tractor Company. En su línea de mecanización de piezas de gran tamaño para el tractor tipo D-8, existen varios puestos de trabajo y numerosos trabajadores. (Fig. 8.14.).

Nivel laboral	Puestos de trabajo	Número de trabajadores
A	Barrendero……………………..	1
B	Limpiador……………………....	1
C	Rebarbador…………………...	2
D	Fresador……………………....	5
E	Multitaladrador………………..	1
F	Multitaladrador………………..	1
F	Taladrador radial……………..	10
G	Mandrinador…………………..	5
H	Soldador……………………....	5
H	Soldador……………………....	5

Fig. 8.14. - Tipos de trabajo de una línea de mecanización en la Caterpillar Tractor Company

La columna de la izquierda nivel laboral, expresa la categoría en la empresa (letras A-H). El nivel laboral o categoría aumenta de acuerdo con un orden alfabético. Para cada categoría se determina un salario por hora. Incluso para un mismo puesto de trabajo, como el de multitaladrador, existen diferentes categorías y remuneraciones salariales, E y F en este caso. La Fig. 8.15. muestra la remuneración salarial básica por horas para cada categoría:

La Fig.8.14. muestra la existencia de algunos trabajadores con tareas específicas como barrer, limpiar o rebarbar, lo cual resulta inusual a los ojos japoneses, puesto que en Japón es totalmente natural que el perforador o el soldador barra su propia área o rebarbe su pieza. En la Caterpillar Tractor Company, los mandrinadores se especializan solo en mandrinar y tienen su remuneración salarial basada en su nivel laboral.

Estos hechos muestran las siguientes características del sistema empresarial americano:

- En las compañías americanas, la clasificación de tareas es excesiva si se compara con la de las compañías japonesas. Esto parece ser consecuencia de la ideología estandarizadora americana, que ha llevado a una extrema división de trabajo.
- La mayoría de los trabajadores americanos son operarios especializados. Incluso si se trata de un trabajador versátil, desarrolla trabajo de especialista en cierto tipo de tarea, lo que parece basado en parte en el hecho de que existen muchos tipos de sindicatos por oficios en la misma fábrica.

Esta excesiva clasificación y especialización de tareas incrementa el coste de los productos. Por ejemplo, supongamos que una operación de soldadura eléctrica necesita solo 20 segundos para fabricar una unidad y el trabajo debe realizarse en un puesto de soldadura específico. Si se fabrica una pieza cada minuto de ciclo de tiempo, el soldador procesará dicha pieza en 20 segundos y tendrá un tiempo de espera de 40 segundos o bien el trabajador habrá de comprometerse en un lote de producción que incrementará las existencias en el proceso de soldadura, lo que, a su vez, aumenta el plazo de fabricación.

Fig. 8.15.- Salario básico por hora para cada nivel laboral (corresponde a 1978 en dólares)

Otras razones por las que la polivalencia de los trabajadores no se haya fomentado en las compañías americanas, son:

- Sistema salarial basado en categorías laborales.
- Carencia de programas de adiestramiento en los puestos para la formación de los trabajadores industriales en la polivalencia.

- Dificultad de transferencia de los trabajadores industriales entre los diversos puestos de trabajo de una fábrica.

Por lo que se refiere al primero de estos factores, el salario de cada categoría laboral no puede incrementarse una vez alcanzado su grado más alto (Fig.8.15.). Después el único aumento posible es el convenido para hacer frente a la inflación. Para incrementar más sus salarios, los trabajadores industriales tienen dos opciones: cambiar de puesto de trabajo en la misma empresa o cambiar de empresa.

La primera opción, cambiar de trabajo en la misma empresa, tiene dos aspectos negativos. El primero, que las compañías americanas raramente proporcionan a los obreros adiestramiento en los puestos (como el sistema de rotación de trabajos de Toyota). En la Caterpillar Tractor Company, por ejemplo, un barrendero (Fig.8.14.) permanecerá en su actual trabajo salvo que personalmente se forme como taladrador o mandrinador.

Segundo y más importante las compañías americanas raramente transfieren obrero entre diversos tipos de puestos en la misma compañía, como hacen los japoneses en sus empresas. Por ejemplo, la gestión de la Caterpillar Tractor Company parece muy reacia a implantar un sistema de rotación de tareas, por las razones siguientes:

- Sin una vacante en el puesto de trabajo en cuestión, no puede realizarse ninguna transferencia.
- Sin una propuesta o petición de algún trabajador, la dirección no puede determinar quién debería ser transferido.
- El traslado de trabajadores se determina normalmente de modo automático de acuerdo con la antigüedad o con los deseos de traslado de los trabajadores.
- Muchos de los trabajadores desean traslados hacia tareas más simples y fáciles

Como resultado de estos aspectos negativos, los trabajadores americanos que pretenden aumentar sus salarios, casi siempre se trasladarán a otras empresas. Esto se observa mejor a través de los índices de movilidad laboral de Japón y de los Estados Unidos. El índice de movilidad laboral es, esencialmente, el porcentaje de trabajadores que cambian de empresa, en relación con el total de la fuerza de trabajo. Durante 1978, el promedio mensual de la tasa de movilidad laboral fue en Japón del 1,4 %, mientras que era en Estados Unidos del 47%,

aproximadamente 2,8 veces la del Japón. Esto indica que aproximadamente la mitad de los trabajadores norteamericanos cambia de empresa cada año.

El entorno empresarial japonés, ideal para la polivalencia de los trabajadores.

En Japón, los salarios de los trabajadores están ligados básicamente, a cada trabajador individual y no a una categoría específica. Su salario se incrementará principalmente según el número de años que lleve empleado en su empresa. Una compañía japonesa normal a los trabajadores en muchos trabajos diferentes por medio de programas de adiestramiento en el puesto de trabajo (On the Job Training,OJT). Estos salarios y los sistemas OJT contribuyen a motivar a los trabajadores para que permanezcan en la misma empresa hasta su jubilación. Como resultado, pueden formarse trabajadores polivalentes que son también leales a la empresa.

Los sistemas salariales por categorías no se han adoptado en Japón como criterio principal para determinar los salarios. Aunque este sistema salarial se ha adoptado parcialmente, el período de incremento salarial es muy largo. El sistema se basa en parte en la valoración que dan los japoneses a la conciencia de grupo. La compañía japonesa normal tiene, además, un solo sindicato de empresa, en vez de muchos sindicatos diferentes en cada fábrica.

El sistema de empleo vitalicio que se mantiene en Japón es otro factor importante para motivar al empleado japonés característico a ser un trabajador versátil. Con este sistema de empleo, la compañía tiene por lo general una rentabilidad favorable de las inversiones en formación en los operarios para hacerles polivalente.

En Toyota las horas extraordinarias de trabajo parecen ser un amortiguador que favorece el empleo estable. Por medio de la puesta en práctica de Shoninka y Shojika, Toyota tiene en cada sección solo el mínimo número necesario de trabajadores y todos los trabajadores realizan habitualmente horas extraordinarias. Si la demanda disminuyera o se introdujera la robótica, disminuirían las horas extraordinarias sin llevarse acabo despidos de ningún trabajador.

En la base del sistema de empleo vitalicio, se encuentran también los trabajadores estacionales a tiempo parcial y los grupos de empresas. Las firmas integradas en un grupo de

empresas se ayudan entre sí; además, una compañía con problemas puede trasladar trabajadores a las compañías prosperas de su grupo. De este modo, el entorno empresarial japonés apoya, de modo indudable, este sistema de empleo.

El sistema japonés de empleo, el sistema salarial, el sistema de traslado de trabajadores entre varios departamentos, y el sistema OJT para fomentar la versatilidad de los trabajadores, se basan todos ellos en el principal valor japonés de la conciencia de grupo. Para conseguir la efectividad del sistema total en una sociedad sin fronteras, habría que restringir el excesivo individualismo. El cambio de los valores sociales a largo plazo solo se puede llevar a cabo eficazmente a través del sistema educativo.

Capítulo 9

La mejora de medios ayuda a incrementar la productividad y la moral de los trabajadores.

El sistema Toyota de producción intenta aumentar la productividad y reducir los costes de fabricación. A diferencia de otros sistemas, sin embargo, consigue sus objetivos sin atentar a la dignidad humana del trabajador. Como se ha señalado a menudo en relación con el sistema de cinta transportadora desarrollado por Henry Ford, los intentos de aumentar la productividad se ven generalmente acompañados por un incremento de la exigencia al trabajador individual. Para mejorar la productividad, se debe o bien mantener el mismo nivel de producción reduciendo el personal o bien producir más con el mismo número de trabajadores. Tradicionalmente estas alternativas han supuesto un sacrificio inaceptable en términos humanos; una deshumanización del trabajador. En Toyota, sin embargo, el conflicto entre productividad y humanismo se ha resuelto mediante mejoras en cada unidad de trabajo llevadas a cabo por grupos reducidos que se denominan círculos de control de calidad.

Las mejoras son varias: perfeccionamiento de las operaciones manuales para eliminar movimientos inútiles, introducción de maquinaria nueva o más perfeccionada para eliminar la utilización antieconómica de la mano de obra y utilización más correcta de materiales y suministros. Estos tres tipos de mejoras se llevan a cabo mediante reuniones de grupos reducidos de las que forman parte un sistema de sugerencias similar al que se utiliza en otros países.

Hay que añadir que el sistema Kanban promueve igualmente las mejoras en la productividad. Con toda probabilidad es el único sistema de control de producción que proporciona además una motivación para mejorar la productividad. La Fig. 9.1. muestra las relaciones entre el sistema Kanban y las diversas mejoras en el puesto de trabajo, así como sus relaciones con los círculos de calidad y las mejoras en productividad y en la moral de los trabajadores.

Mejora de las operaciones manuales.

En cualquier fábrica, todas las operaciones manuales pueden clasificarse en tres categorías:

De carácter innecesario: Acciones inútiles que deben ser eliminadas de inmediato por ejemplo, tiempo de espera, almacenamiento de productos intermedios y “transportes dobles” (Fig. 9.2.).

Operaciones sin “valor añadido”. Operaciones esencialmente inútiles pero que resultan necesarias en los actuales procesos de operación. Aquí se incluyen los desplazamientos excesivos llevando piezas, o desempaquetado de envases de proveedores, cambio de herramientas de una mano a la contraria, etc. Para eliminar estas operaciones será necesario hacer cambios en la distribución en planta de la línea o negociar con los proveedores para recibir las piezas sin envase, cosas que no siempre son practicables a corto plazo.

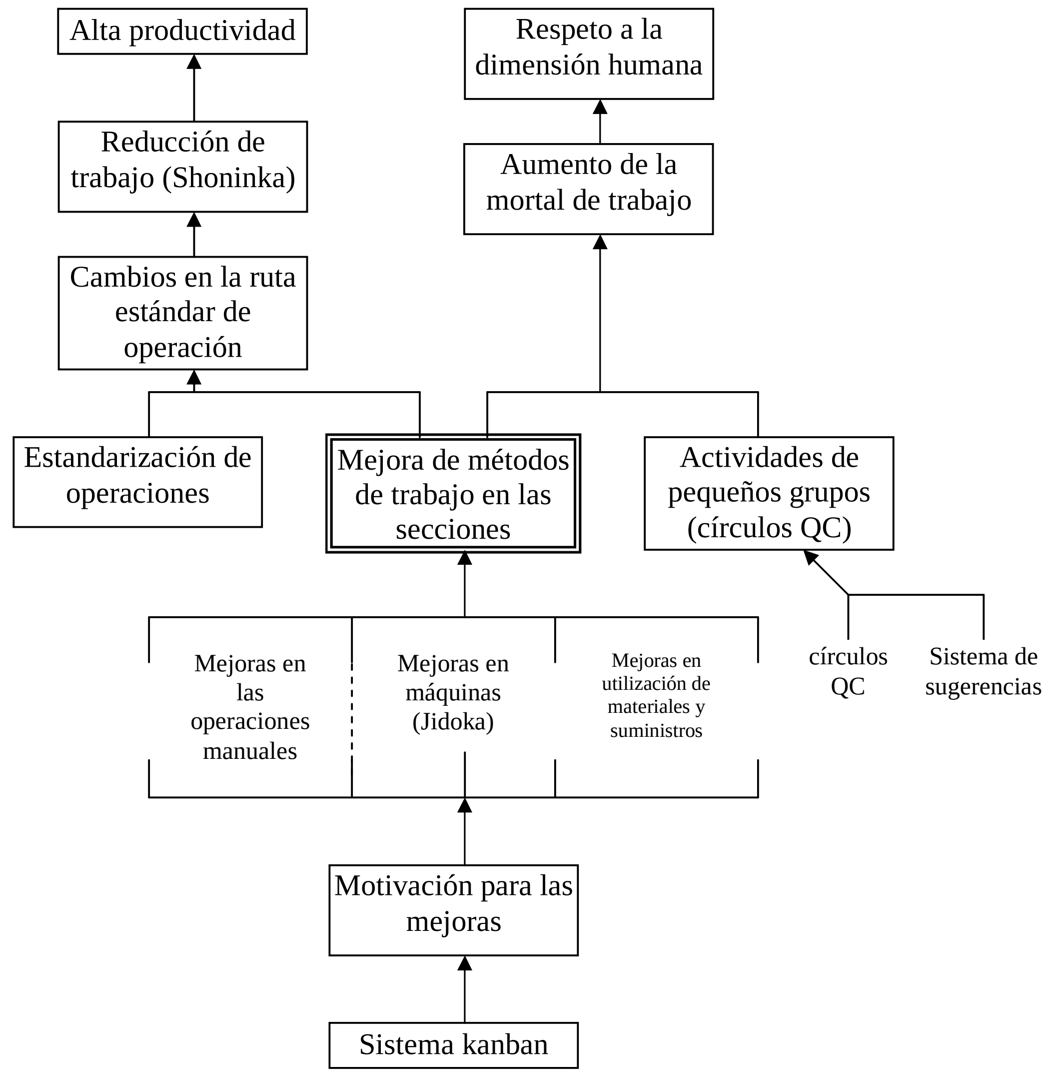


Fig. 9.1. - Esquema de mejora de métodos de trabajo

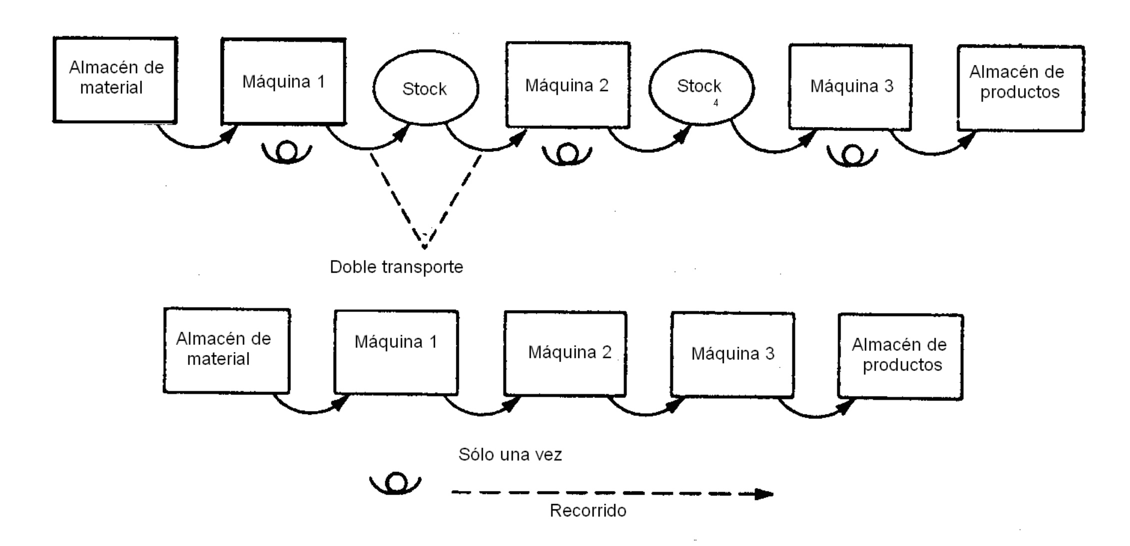


Fig. 9.2. - Eliminación del “doble transporte”

Operaciones netas para incrementar el "valor añadido". Operaciones de proceso o de transporte que aumentan el valor añadido de las materias primas o de los productos semielaborados añadiéndoles trabajo manual; por ejemplo, subensamblaje de piezas, forjado de materias primas, templado de engranajes, pintura de chapa, etc.

Además, pueden llevarse a cabo en la fábrica operaciones correctivas para reparar o sustituir productos, herramientas o equipos defectuosos.

Las operaciones netas para incrementar el valor añadido constituyen por lo general sólo un pequeña parte del total de operaciones, la mayor parte de las cuales sirve sólo para incrementar costes. (Fig. 9.3.). Aumentando el porcentaje de operaciones netas para incrementar el valor añadido, puede reducirse el trabajo requerido por cada unidad y, con ello, reducirse el número de trabajadores de cada sección. La fase primera es la eliminación de las operaciones de carácter innecesario. Después habrá que reducir las operaciones sin valor añadido tanto como sea posible sin incurrir en costes no razonables. Finalmente, se analizarán incluso las operaciones netas para incrementar valor añadido, para ver si se pueden mejorar introduciendo algún tipo de automatización que sustituya a las operaciones realizadas corrientemente a mano.

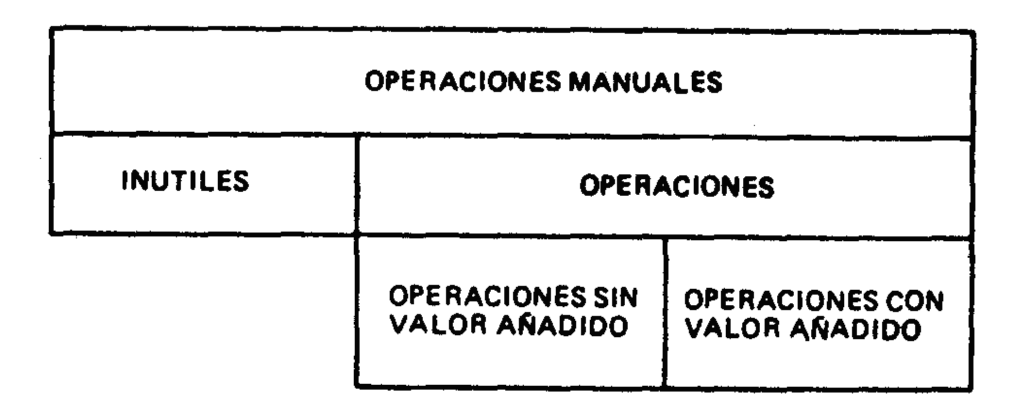


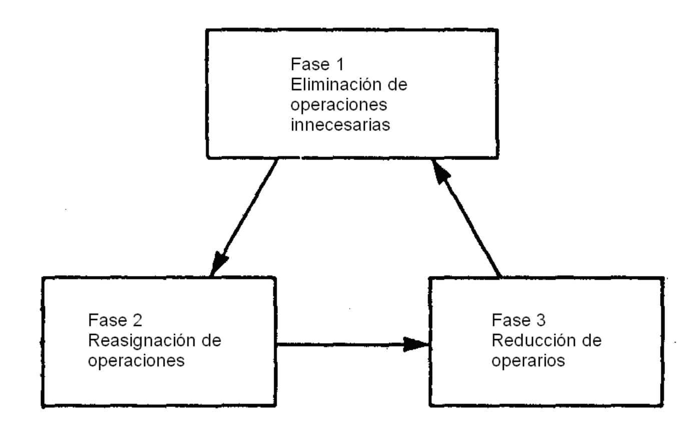
Fig. 9.3. - Categorías de operaciones

Reducción del tiempo de mano de obra directa.

Mediante las mejoras realizadas para reducir el número de operarios en las líneas combinadas en forma de U, Toyota elimina operaciones innecesarias, reasigna tareas y reduce el personal. Las tres fases son, en realidad, partes de un proceso cíclico: eliminación de operaciones entre los trabajadores de la sección y reducción parcial de operaciones entre trabajadores de la

sección de reducción parcial de trabajadores. Las tres fases pueden repetirse tantas veces como deban llevarse a cabo posibles mejoras de la línea (Fig. 9.4.).

La primera etapa para reducir el número de trabajadores consiste en determinar el tiempo de espera de cada trabajador y revisar la ruta estándar de operaciones a fin de eliminarlo. El tiempo de espera se esconde a menudo tras el exceso de producción, sin salir nunca a la luz. En tales casos se acumulan grandes cantidades de existencias entre procesos. Consecuentemente se considera como parte del trabajo acciones como trasladar y almacenar dichas existencias, que ocupan gran parte del tiempo de espera del trabajador. En Toyota, sin embargo, estas acciones se consideran como excesos de producción y, el sistema Kanban, que sirve para reducir los niveles de inventarios, pone en evidencia tales derroches en la sobreproducción. El Kanban desempeña, de este modo, un papel importante en la eliminación de las operaciones innecesarias, así como en la estandarización de las operaciones.



Fi9. 9.4. - Ciclo para la reducción del número de trabajadores.

Para ilustrar cómo la eliminación del tiempo de espera y la reasignación de operaciones conducen a la reducción de operarios consideremos el ejemplo siguiente. Siete operarios, de A a G, trabajan en el mismo puesto. Debe medirse el tiempo estándar para las operaciones asignadas a cada operario. Puede determinarse el tiempo de espera en cada ciclo y para cada trabajador, restando del ciclo de fabricación el tiempo estándar de operaciones de cada trabajador. Si, por ejemplo, el ciclo de fabricación es de un minuto por unidad de producción y el total estándar de operaciones asignado al trabajador A es de 0,9 minutos, éste tendrá 0,1 minutos de tiempo de espera. En la mayoría de los casos, cada trabajador tendrá un tiempo de espera de amplitud variable (Fig. 9.5.).

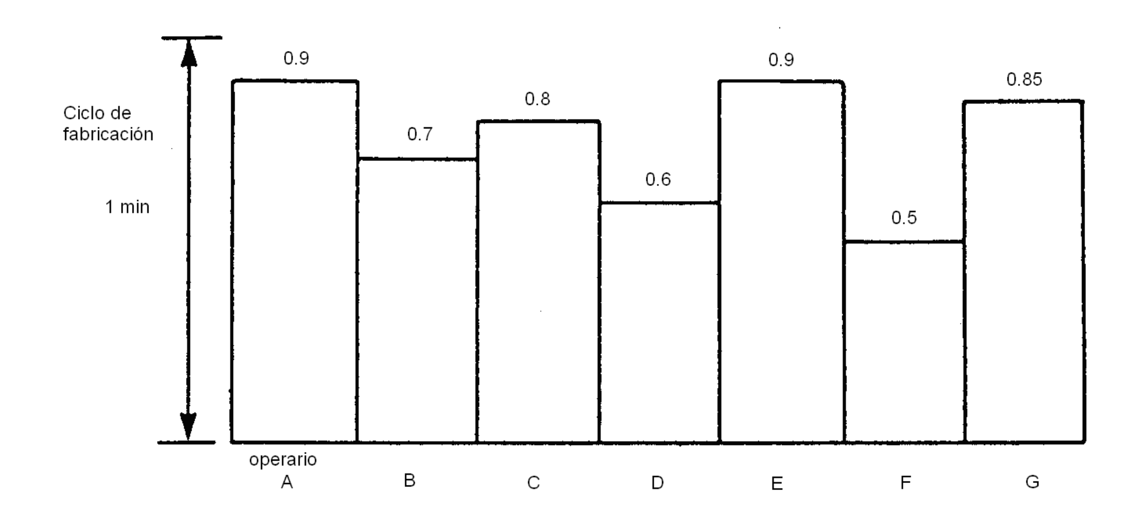


Fig. 9.5. - Cada trabajador tiene un tiempo de espera

Para eliminar los tiempos de espera, algunas operaciones del trabajador B deben transferirse al trabajador A, algunas operaciones del operario C al B y así hasta que el total de operaciones se haya reasignado a fin de eliminar el tiempo de espera de los trabajadores desde A hasta E. En este momento, la tarea del trabajador G se habrá eliminado por completo (Fig. 9.6.).

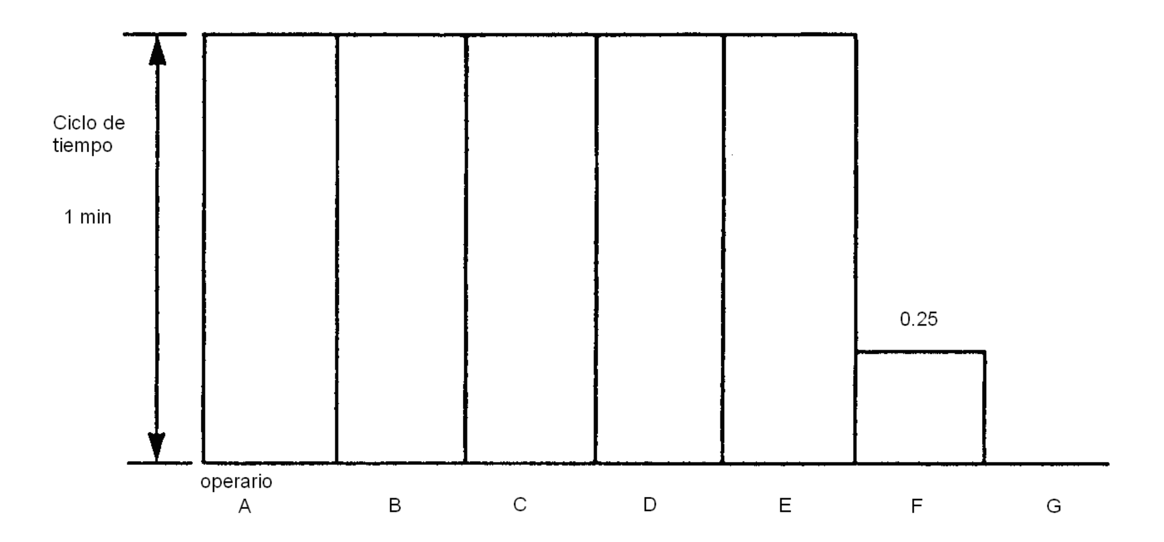


Fig. 9.6. - Reasignación de operaciones entre los trabajadores

Al reasignar las operaciones entre los trabajadores, a fin de conseguir mejoras en las operaciones manuales o bien para compensar los cambios en los niveles de producción, habrán de observarse las reglas siguientes:

1. Una vez medido el tiempo de espera de cada trabajador, éste deberá permanecer sin hacer nada una vez que haya terminado las operaciones que tenga asignadas: Si el trabajador B, por ejemplo, termina su tarea en 0,7, deberá simplemente permanecer ocioso en su puesto de trabajo durante los restantes 0,3 minutos. De este modo, viendo el tiempo libre de que dispone cada uno, opondrán menos resistencia si se le asignan una o dos tareas más.
2. Al reducir el número de trabajadores de una sección, deberán trasladarse siempre los mejores en primer lugar. Si se trasladara a un trabajador perezoso o inhábil, podría presentar resistencia, sufriría su moral y nunca llegaría a ser un operario capacitado. Un trabajador destacado, por el contrario, está generalmente mejor dispuesto a ser trasladado, porque tiene más confianza en sí mismo y puede recibir bien la oportunidad de aprender otro trabajo en la fábrica.
3. Tras haber reasignado las operaciones entre los trabajadores A — E, no debería disponerse de los 0,75 minutos de tiempo de espera del trabajador F distribuyéndolos a partes iguales entre los seis operarios que permanecen en la línea. Si se hiciera así, simplemente se ocultaría de nuevo dicho tiempo, de modo que cada trabajador permanecería de brazos caídos acomodándose a su cupo de tiempo de espera. Además, pondrían objeciones cuando llegara la ocasión de revisar nuevamente la ruta estándar de operaciones (Fig. 9.7.). En su lugar, es preciso volver a la fase 1, para ver si pueden llevarse a cabo mejoras en la línea que eliminen las operaciones fraccionadas asignadas al trabajador F.

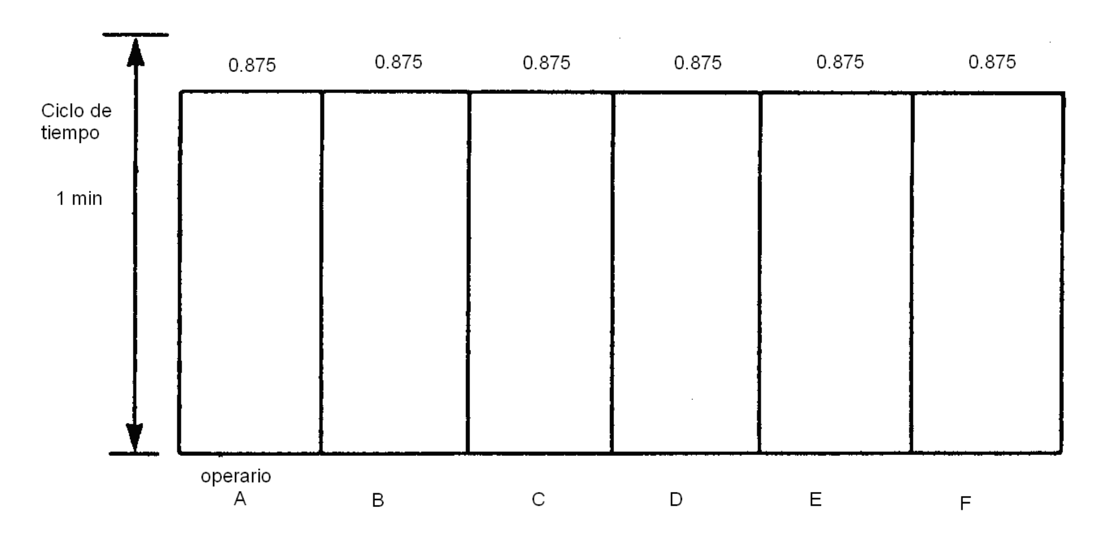


Fig. 9.7. - Asignación incorrecta de operaciones

Han de analizarse los tres tipos de operaciones manuales, incluyendo las operaciones netas para incrementar el valor añadido que se omitirían mediante la introducción de maquinaria automatizada. En esta fase, sin embargo, es importante elegir el plan menos costoso, puesto que sólo necesitan eliminarse 0,25 minutos del tiempo de operaciones manuales. Las mejoras menos costosas comprenden:

- Llevar los suministros de piezas más cerca del operario o introducir medios que reduzcan los desplazamientos de operarios.
- Utilizar "paletas" más pequeñas que pueden situarse junto a los trabajadores que necesiten sólo un pequeño número de piezas a la vez.
- Rediseñar una herramienta para eliminar movimientos inútiles cambiándola de una mano a la contraria.
- Hacer más fácil la toma de herramientas colgándolas en bastidores con sus mangos hacia arriba.
- Introducir algunas herramientas sencillas para operaciones en línea.
- Cuando un trabajador opera más de una máquina, colocar el interruptor de puesta en marcha/parada entre las dos máquinas, de modo que pueda pulsarlo mientras va de una máquina a la otra.

Mediante uno o más de estos mecanismos, debería ser posible eliminar los 0,25 minutos de tiempo de operación que restan al trabajador F y, de este modo, sacarle de la línea con lo que, en nuestro ejemplo, sería posible eliminar dos de los siete operarios. Considerarnos de nuevo la línea en relación con las operaciones inútiles antes vistas e intentemos reducir algún otro trabajador eliminando otras operaciones sin valor añadido. Cuando las mejoras en la línea en este punto resultan difíciles; algunas mejoras intrínsecamente deseables habrán de dejarse en reserva hasta que la variación de la demanda o un cambio de modelos hagan posible modificar el ciclo de fabricación o el diseño del puesto de trabajo.

Mejoras en la maquinaria.

En cualquier proceso de fabricación existen dos tipos de mejoras: mejoras en operaciones manuales y mejoras en operaciones mecanizadas. Las primeras llevan consigo una definición de las operaciones estandarizadas, reasignación de operaciones entre los trabajadores, reubicación de los almacenes de piezas y de productos semielaborados, etc. El segundo tipo de mejoras

lleva consigo la introducción de nuevos equipos, tales como robots y máquinas automáticas. En Toyota, antes de realizar mejoras en la maquinaria se llevan siempre a cabo mejoras de las operaciones manuales. He aquí las razones:

- Desde el punto de vista del coste-beneficio, la mejora en la maquinaria puede no ser rentable. Recuérdese que el propósito de cualquier mejora es la reducción del número de operarios. Si este propósito puede conseguirse mediante mejoras en las operaciones manuales, no sería rentable poner en marcha otro plan.
- Los cambios en las operaciones manuales pueden ser reversibles si es necesario, en tanto que los cambios en maquinaria no lo son. Por tanto, si las mejoras de la mecanización terminan en un fracaso, la maquinaria se pierde por completo. Por otra parte, los costes de las mejoras en las operaciones manuales, son recuperables al menos parcialmente.
- Las mejoras de la maquinaria fracasan a menudo si antes no se han llevado a cabo mejoras en las operaciones manuales. Como una máquina automática es inflexible en sus operaciones, sólo puede ser integrada con éxito en una línea si todas las operaciones manuales han sido estandarizadas. De otro modo, el tratamiento inadecuado de la pieza y de la operación en la máquina pueden conducir a un número inaceptable de piezas defectuosas y la misma máquina puede averiarse con frecuencia. Si se instalara, por ejemplo, una prensa automática donde pudieran colocarse tipos inadecuados de material, el troquel podría sufrir daños de modo permanente y con él la máquina. En consecuencia, sería necesario asignar a la máquina un vigilante, con lo que su valor para reducir el trabajo disminuiría de modo considerable.

Políticas para promover el Jidoka

Control autónomo o “Jidoka” significa, esencialmente, mejoras en la maquinaria que sirven para reducir el número de trabajadores.

Existen dos problemas, sin embargo, a considerar cuando se promueve el Jidoka.

- Incluso si la introducción de una máquina automática reduce las necesidades de personal en 0,9 personas, no es posible reducir el número de trabajadores en la línea a menos que las restantes 0,1 personas (a menudo el vigilante de la máquina) puedan eliminarse también. Como resultado, la introducción de la máquina sirve sólo para incrementar los costes de fabricación y, por tanto, el coste del producto. Planteando la cuestión de otra forma, una reducción de las horas-hombre requeridas para producir una

unidad ("Shoryokuka") no es lo mismo que una reducción en el personal. Por esta razón, una verdadera reducción de personal se denomina en Toyota Shoninka, para distinguirla de Shoryokuka. Sólo Shoninka reduce el coste de un automóvil.

- Jidoka origina con frecuencia un efecto no deseable al fijar el número de trabajadores a emplear en una sección dada; es decir mientras Jidoka reemplaza operaciones manuales, puede requerir también cierto número de operarios para ayudar a la máquina a llevar a cabo las operaciones que no pueden automatizarse. En consecuencia, puede necesitarse un número fijo de trabajadores para operar la máquina, con independencia de la cantidad de producción. En Toyota, el fenómeno se denomina sistema de quorum ("Te-i-in-se-i"), que es un fenómeno no deseable en cualquier negocio.

La introducción del Jidoka puede, en ambos aspectos limitar la capacidad para reducir el número de trabajadores, lo que es importante dado que es esencial mejorar dicha capacidad de reducción, especialmente cuando disminuye la demanda. ¿Cómo pueden resolverse ambos problemas? ¿Cómo podrá mantenerse Shojinka (flexibilidad en el número de trabajadores) al introducir Jidoka? Toyota tiene para ello dos políticas:

1. Las máquinas automáticas deberán introducirse sólo si existe auténtica necesidad y no simplemente porque las operaciones manuales en cuestión puedan ser reemplazadas por una máquina.

2. Los puestos de trabajo en una máquina deben siempre localizarse tan próximos como sea posible, especialmente cuando la máquina ocupa una extensa área, como sucede con una máquina transfer. Con demasiada frecuencia, los puestos de trabajo se encuentran excesivamente separados y el tiempo de operación de cada trabajador en la máquina por ciclo es fraccionario. Como resultado, resulta imposible combinar operaciones fraccionarias de personal para formar enteros que permitan la reducción de operarios.

Mejora del trabajo y respeto a la dimensión humana.

Al llevar a cabo mejoras del trabajo, el respeto a la dimensión humana puede mantenerse mediante la observación de las siguientes reglas:

Proporcionar al trabajador tareas valoradas. Las reducciones de personal se consideran en ocasiones como un modo de forzar a los trabajadores a un trabajo duro, sin consideración a su dimensión humana. Esta crítica, sin embargo, se basa en un entendimiento erróneo de la naturaleza de la mejora del trabajo o bien en supuestos en que se ha adoptado un proceso

inadecuado. Cuando se mejora el trabajo en una sección, cada trabajador debe entender que la eliminación de las acciones inútiles no conducirá a un trabajo más pesado, sino que el objetivo del programa de mejora es incrementar el número de operaciones netas que añaden valor y que deben ser realizadas con el mismo número de trabajadores. Supongamos, por ejemplo, que un trabajador de una línea de guarnecido debe caminar cinco o seis pasos para tomar una pieza y subir y bajar del coche varias veces durante cada ciclo. La función de la mejora del trabajo es la de eliminar tales actividades inútiles y utilizar en su lugar el tiempo en llevar a cabo las operaciones netas que añaden valor, reduciendo de este modo el tiempo total de las operaciones estándar y el número de trabajadores. Hasta que este punto se entienda por completo, el sistema Toyota de producción resulta difícil de aplicar, especialmente en un entorno con organizaciones sindicales fuertes.

En Toyota, el respeto por la dimensión humana consiste en dirigir la energía humana hacia las operaciones con sentido y efectivas eliminando las operaciones inútiles. Si un trabajador siente que su trabajo es importante y tiene sentido, su moral subirá; si ve que su tiempo se derrocha en tareas insignificantes, su moral sufrirá tanto como su trabajo.

Mantener abiertas líneas de comunicación dentro de la organización. El método utilizado para promover la mejora de tareas, es muy importante. Una mera llamada a "reducir el número de trabajadores" o "Mejorar los procesos" no basta para resolver el problema. Cada unidad de fabricación tiene sus problemas y los trabajadores están generalmente interesados en resolverlos. Un trabajador puede quejarse, por ejemplo, de que su trabajo es pesado de hacer porque su puesto de trabajo reúne malas condiciones o de que la máquina es difícil de ajustar y gotea aceite. Cuando el trabajador notifica estos problemas a su supervisor, sin embargo, éste puede no prestar atención o el personal de reparación puede no atender el problema por falta de tiempo. Cuando esto sucede, un trabajador excepcional puede intentar resolver el problema por sí mismo y fracasar, especialmente si la solución requiere que una máquina sea rediseñada o modificada. En la mayoría de los casos, no obstante, el trabajador, simplemente, enviará una queja a través del comité y aparecerán resistencias en la dirección. (Un caso representativo se describe claramente en términos de experiencias en una fábrica de automóviles americana: véase Runcie (1980)). Si, por otro lado, el supervisor responde con prontitud y de modo efectivo, el trabajador confiará en sus mandos y sentirá que desempeña un papel activo en los esfuerzos para mejorar la sección.

Lo más importante para promover mejoras es una relación de confianza y credibilidad. Para establecer una relación como ésta, sin embargo, la línea formal de comunicaciones desde los

trabajadores del nivel más bajo, a través del capataz y del jefe de taller hasta el jefe de fábrica debe estar bien definida y abierta, puesto que cualquier problema habrá de resolverse por medio de estos canales. Si los supervisores y el personal de ingeniería de producción respetan las propuestas de la sección y promueven mejoras con los operarios, todos los individuos de la fábrica tendrán la moral alta y estarán satisfechos de su papel de mejora de actividades. Nadie se sentirá alienado y cada trabajador tendrá la sensación de que su trabajo es parte importante de su vida.

Sistema de sugerencias.

Aunque el propósito establecido de cualquier sistema de sugerencias es elevar las ideas de todos los empleados para mejorar las operaciones de la empresa, su propósito real es con frecuencia bastante diferente. En ciertos casos, el sistema de sugerencias se entiende simplemente como un medio para proporcionar a los empleados la sensación de que su empresa o su superior les reconocen o para generar lealtad a la empresa proporcionándole la posibilidad de proponer planes corno si fuera un miembro del equipo directivo. En otras palabras, el propósito real de un sistema de sugerencias en la mayor parte de las empresas es la gestión del personal.

En Toyota, no obstante, tanto el propósito como el espíritu de su sistema de sugerencias se expresan en el slogan "Buenas ideas, buenos productos", es decir, su objetivo es elevar las ideas de todos los empleados para mejorar la calidad del producto y reducir costes de modo que la compañía pueda continuar su crecimiento en el mercado mundial del automóvil. Esto no quiere decir que en Toyota se olvide el efecto del sistema de sugerencias sobre las relaciones laborales, pero un índice de la seriedad con que en Toyota se toman las sugerencias de los empleados, es el hecho de que la mayoría de las mejoras de actividades descritas en este capítulo se han iniciado a través de sistemas de sugerencias de la compañía.

Los esquemas individuales de mejora se idean e introducen por un trabajador individual o por grupos reducidos denominados círculos QC, compuestos por los trabajadores de cada sección y dirigidos por el supervisor. Cuando uno de los trabajadores del grupo expone un problema a la atención del supervisor, este sigue los pasos siguientes:

1. **Definición del problema**. Al considerar el problema, el supervisor deberá estar atento a determinar la naturaleza exacta de la dificultad y su efecto(s) en otras operaciones y trabajadores.

2. **Examen del problema**. Las condiciones actuales deben examinarse detalladamente para determinar las causas del problema. En el proceso pueden salir a la luz otros problemas.
3. **Generación de ideas**. El supervisor debe animar al trabajador a generar ideas para resolver el problema. Supongamos, por ejemplo, que un trabajador ha planteado que emplea gran cantidad de tiempo en contar el número de unidades de una paleta que contiene diferentes tipos de piezas. El trabajador podría sugerir la instalación de un bastidor en la paleta para facilitarle contar el número de piezas que contiene y separar un tipo de piezas del otro (Fig. 9.8.). Pero una solución igualmente satisfactoria puede idearse por el grupo en su conjunto. En cualquier caso, el supervisor debería mostrar siempre respeto por las ideas de sus subordinados.

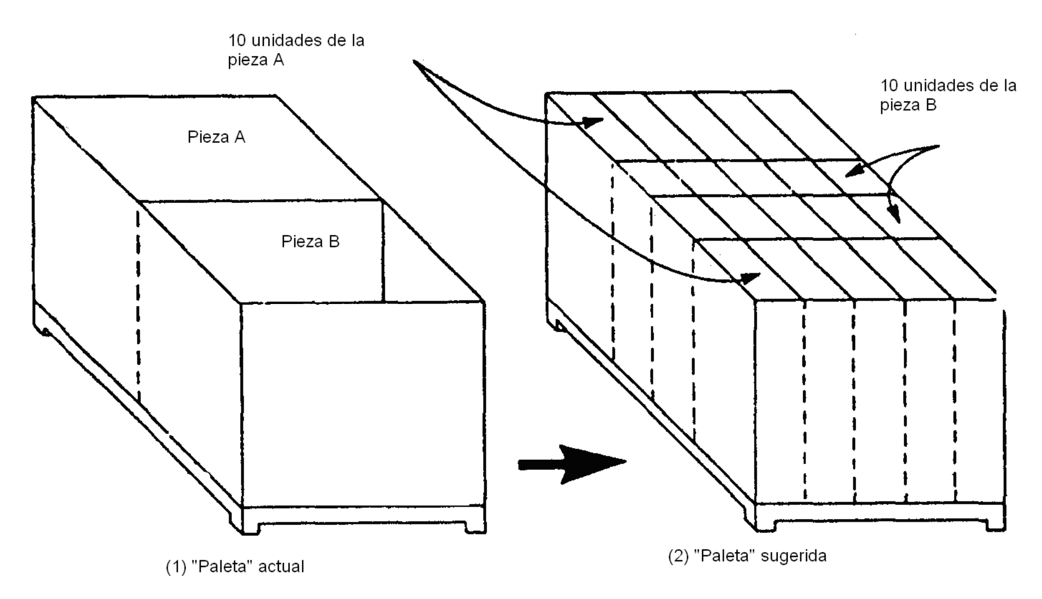


Fig. 9.8. - Ejemplo de esquema de sugerencias

4. **Sumario de idas**. El supervisor deberá resumir las diversas soluciones propuestas al problema y permitir a sus subordinados que seleccionen el mejor esquema.
5. **Enjuiciamiento de la propuesta**. Un miembro del grupo escribirá el esquema seleccionado en una hoja de sugerencia y lo pondrá en el buzón de sugerencias. Aunque la mayoría de las sugerencias son generadas por los miembros de los círculos QC, también se pueden enviar ideas individuales sin someterlas a consulta del supervisor o de otro miembro del grupo. Tampoco es necesario que aparezca un problema para que el grupo opere como fuente de sugerencias de mejora. Toyota utiliza métodos de “check-list” como el siguiente:

Mejoras en las operaciones manuales:

1. ¿El modo actual de almacenar materiales, herramientas y productos, es apropiado?
2. ¿Hay algún modo más fácil y eficiente para el manejo o el proceso de la máquina?
3. ¿Puede Vd. hacer su trabajo más fácilmente y de modo más eficiente cambiando la distribución en planta de las máquinas y las instalaciones de transporte?

Economías de materiales y suministros.

1. ¿Está Vd. utilizando el combustible, los lubricantes y otros suministros de modo eficiente?
2. ¿Puede hacerse algo para reducir las pérdidas de vapor, aire, combustible, etc.?
3. ¿Puede Vd. reducir el consumo de materiales y suministros mejorando los materiales, los métodos de mecanización y las plantillas?

Mejoras de eficiencia en el departamento de ingeniería y en el taller:

1. ¿Hay en su taller tareas que se solapan?
2. ¿Existen algunos trabajos que podrían eliminarse?
3. ¿Puede Vd. mejorar el actual sistema de documentos?
4. ¿Puede Vd. estandarizar su trabajo? -

Mejoras del entorno del trabajo para aumentar la seguridad y prevenir accidentes peligrosos.

1. ¿Son buenas las condiciones de iluminación, ventilación y temperatura?
2. ¿Se han eliminado del área de trabajo el polvo, el gas y los malos olores?
3. ¿Es apropiado su equipo de seguridad? ¿Funciona de modo adecuado?

Mejoras en la eficiencia y uniformidad del producto mismo

1. ¿Puede mejorarse la calidad del producto cambiando el diseño y la fabricación?
2. ¿Existe algún modo de incrementar la uniformidad del producto?

Aunque el proceso para proponer mejoras es en gran medida igual en Toyota que en los países de América y de Europa, el sistema de evaluación de las propuestas es bastante diferente y mucho más efectivo porque se lleva a cabo de modo rápido y ordenado. La evaluación de las propuestas sigue el trayecto, a través de la organización, que muestra la Fig. 9.9 y consta de las siguientes fases:

1. Todas las sugerencias se recogen en la oficina de la fábrica el primer día de cada mes y se recogen en el libro de sugerencias.
2. Cada Comité de Sección de Fábrica examina las sugerencias hacia el día 20 del mes y determina qué planes merecen una recompensa de hasta 5.000 yens.

3. El Comité de Fábrica o Comité de Departamento, examina los planes que merecen una recompensa de al menos 6.000 yens.
4. Los planes que merecen una recompensa de al menos 20.000 yens se examinan profesionalmente por un Comité de Sugerencias de toda la empresa.
5. En el boletín periódico de Toyota se publica un anuncio oficial de los resultados del examen en el cuadro de evaluación de los resultados.

Todos los planes adoptados se implementan de inmediato. El algunos casos, un plan será calificado de "pendiente" y se examinará nuevamente el próximo mes. Otros planes, denominados "de referencia" pueden ser mejorados por los miembros del comité o por los directivos y puestos en práctica después. Si algún tipo de plan contiene material patentable, el comité lo notifica a la persona responsable de la sugerencia y somete el plan al Comité de invención para las acciones adecuadas. Todas las patentes se inscriben a nombre de la compañía. Las recompensas se retienen generalmente por cada grupo y se utilizan para actividades recreativas tales como viajes y partidas de pesca.

Además de las recompensas monetarias, se otorgan otros tipos de menciones:

- Para las propuestas sobresalientes, la compañía entrega un testimonio a la persona o personas responsables en una ceremonia celebrada mensualmente.
- Se hacen menciones a aquéllos que hayan tenido mayor número de recompensas en un año, el mayor promedio de recompensa por sugerencia, etc.
- Cualquier empleado que haya recibido menciones anuales durante tres años en una línea, recibe un testimonio especial y un regalo conmemorativo.
- Un testimonio anual y un trofeo pueden asimismo entregarse a los grupos sobresalientes.

El sistema de sugerencias fue introducido en Toyota en junio de 1951. La Fig. 9.10. muestra el número de propuestas en años recientes. No muestra, sin embargo, que participaron 48.757 trabajadores de Toyota en 1 980, incluyendo empleados de oficina. Así, como promedio, cada trabajador sugirió más de diez planes de mejora, la mayoría de los cuales (el 94°/o) fueron adoptados.

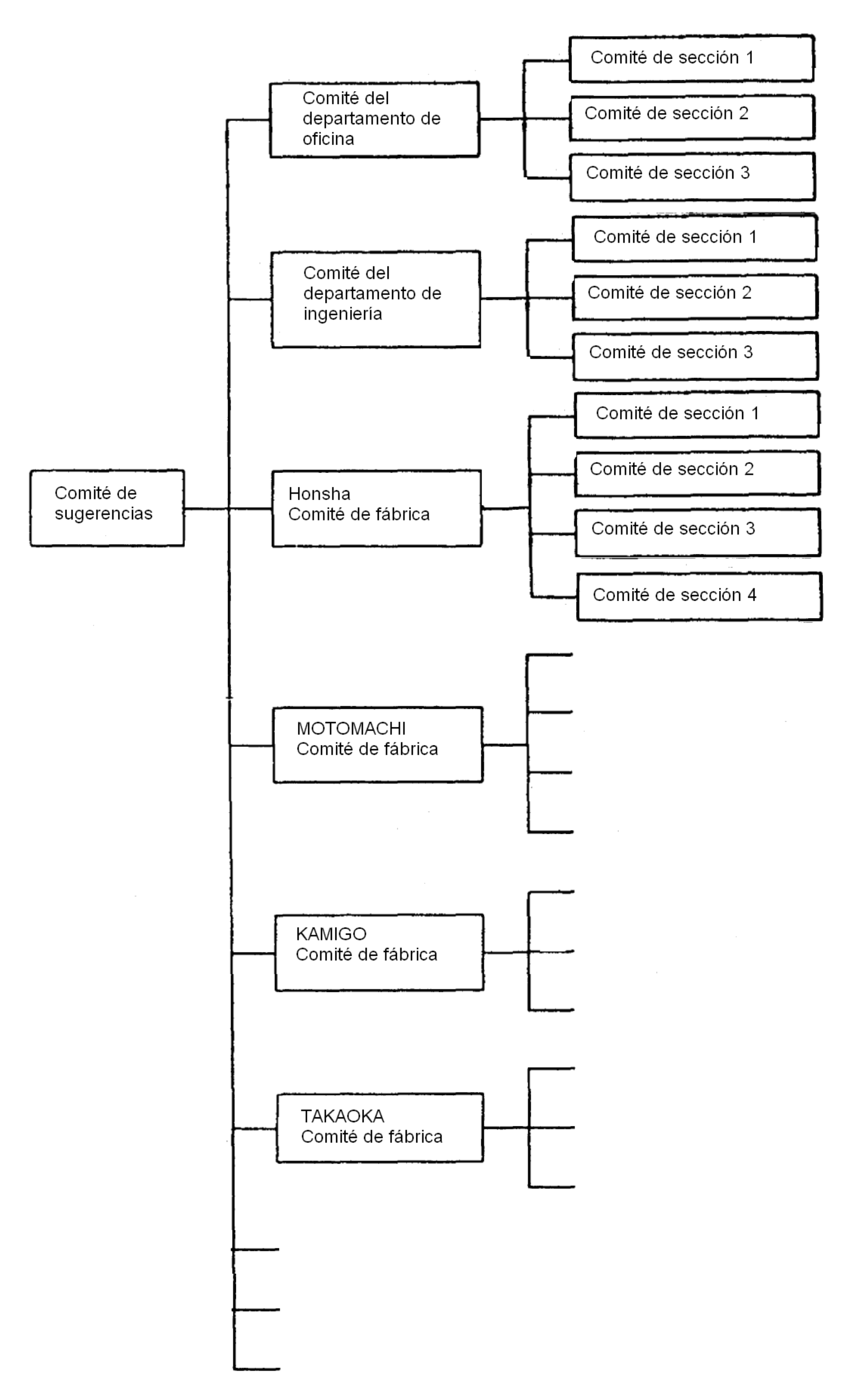


Fig. 9.9. - Organización del sistema de comités de sugerencias

En resumen, el sistema de sugerencias presenta las ventajas siguientes:

- El sistema opera mediante los trabajadores individuales o mediante los círculos de calidad QC, donde el supervisor de cada grupo puede dar a los problemas o propuestas de sus subordinados una atención sincera e inmediata.
- Las propuestas se examinan mensualmente según un programa ordenado y sus resultados se anuncian de inmediato.
- El proceso de evaluación establece una relación estrecha entre los trabajadores y el staff profesional. Por ejemplo, si una mejora sugerida lleva consigo un cambio de diseño, un ingeniero profesional la examinará inmediatamente.

Año	Número de sugerencias	Tasa de adopción de sugerencias
1976	463,422	84 %
1977	454,522	84 %
198	527,718	88 %
1979	575,861	91 %
1980	859,039	94 %

Fig. 9.10. - Número de propuestas en años recientes

Kanban y mejora del trabajo.

Todos desean que las cosas sean cómodas y, a este respecto, los japoneses no son diferentes de la gente de otros países. Cuando los niveles de existencias son altos, las cosas parecen ir mejor para todos: si una máquina se avería o el número de piezas defectuosas se incrementan de modo repentino, las operaciones subsiguientes no tienen que pararse ya que hay stock suficiente; y si no se produce la cantidad requerida de unidades durante las horas regulares de trabajo, es, generalmente necesario programar horas extraordinarias para conseguir los objetivos de producción. Mientras que estos problemas se oculten detrás de los altos niveles de existencias, éstos no serán identificados y eliminados y, en consecuencia, continuarán siendo responsables de varios tipos de ineficiencias: de tiempo, de trabajo, de material, etc.

Por contraste, cuando las existencias se han minimizado mediante el arrastre del Just-in-time según el sistema Kanban, resulta imposible ignorar estos problemas. Si, por ejemplo, una máquina se avería o comienza a producir piezas defectuosas, el conjunto de la línea se detendrá y se avisará al supervisor. En muchos casos, será necesario programar horas extraordinarias

para compensar las pérdidas en el tiempo de producción. Como resultado, habrán de emprenderse acciones para corregir el problema en el grupo QC adecuado, se idearán planes de mejora y aumentará la productividad. La función del sistema Kanban no es sólo controlar los niveles de producción. Su papel más importante radica en su capacidad para estimular mejoras en las operaciones que eliminan ineficiencias y mejoran la productividad. La Fig. 9.11 muestra las relaciones entre el sistema Kanban y la mejora del trabajo.

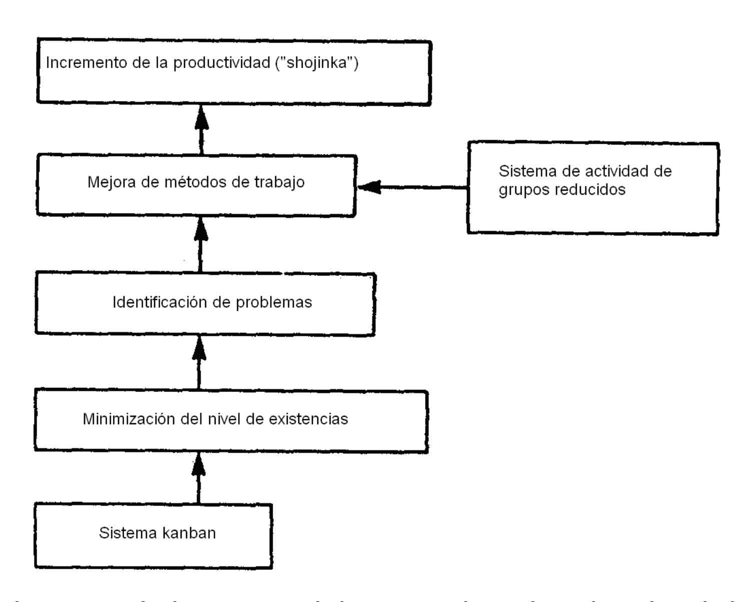


Fig. 9.11. Relaciones entre el sistema Kanban y la mejora de trabajo

En años recientes Toyota ha extendido sus mejoras de trabajo a todos los departamentos, incluyendo las divisiones de personal indirecto. En Toyota Motor Corp. hay 48.000 empleados, 20.000 de los cuales son trabajadores manuales en la fábrica. La eficiencia de los restantes 28.000, en los departamentos indirectos, sin embargo, tiene un efecto importante en los puestos de trabajo fabril. Las tareas de un departamento como el de control de calidad, control de costes, diseño del producto y control de producción, por ejemplo, afectarán a los resultados de los departamentos directos.

Por tanto, al ir a corregir los problemas individuales en el puesto de trabajo, Toyota ha encontrado más de una vez la necesidad de llevar a cabo mejoras también en los departamentos indirectos. Como la mejora del trabajo en las operaciones de fabricación ha desembocado en mejoras para el conjunto de la empresa.

Las reducciones de personal mediante mejoras de los talleres, pueden parecer antagónicas con la dignidad humana de los trabajadores, puesto que cubren el vacío creado por el tiempo de espera y las acciones inútiles. Sin embargo, proporcionando al trabajador comodidad o altos

salarios, no se le proporciona necesariamente una oportunidad para autorrealizarse. Por el contrario, el fin puede servirse mejor proporcionando al trabajador el sentido de que su trabajo merece la pena y permitiéndole trabajar con su supervisor y sus compañeros para resolver los problemas que encuentren.

Los círculos de control de la calidad (Quality control, QC)

Un Círculo QC o círculo de control de calidad está formado por un grupo reducido de trabajadores que estudian los conceptos y las técnicas de control de calidad de modo espontáneo y continuo, para encontrar soluciones a los problemas de su sección. En Toyota, el propósito último de las actividades de los Círculos de calidad es promover un sentido de responsabilidad del trabajador, proporcionar un medio para conseguir los objetivos del trabajo, capacitar a cada trabajador para ser aceptado y reconocido y permitir mejoras y crecimiento en las capacidades técnicas del trabajador. El propósito de los Círculos de calidad es algo diferente del propósito del sistema de sugerencias previamente expuesto. La evaluación de las actividades de los Círculos de calidad apenas se realiza en función del importe de las mejoras, sino más bien en base a lo positivamente que el Círculo actúa, por lo acertadamente que se persiguen los objetivos y por el grado de participación de los miembros.

Estructura del Círculo de calidad.

Los Círculos de calidad tienen en Toyota una relación directa con la organización formal de la unidad de fabricación; así pues, todo el personal debe participar en algunos Círculos de calidad. Estos Círculos constan de un capataz ("Hancho") y sus trabajadores subordinados. (Fig. 9.12.). Sin embargo, el Círculo de calidad puede tomar la forma de un círculo unido, donde participan miembros de otros Círculos o un mini-círculo, que consta de algunos miembros del Círculo general, en función del asunto a resolver. El jefe de departamento ("Kocho") y el supervisor ("Kunicho") serán respectivamente asesor y asesor adjunto.
Cada fábrica o división tiene su propio comité de promoción de QC (Fig. 9.13.). En Toyota, las actividades de Círculos QC se soportan por las personas de mayor responsabilidad de cada fábrica. La división de personal y la de formación han pasado recientemente a promover las actividades del círculo QC. En 1981, estaban activos en Toyota alrededor de 4.600 grupos de círculos QC, componiéndose cada grupo de un promedio de 6,4 miembros.

Temas QC y su resolución

Los temas seleccionados como problemas a resolver por los Círculos de calidad QC no se limitan a la calidad del producto; también se consideran la reducción de costes, el mantenimiento, la seguridad, la contaminación industrial y los recursos alternativos. En 1981 los asuntos tratados fueron: calidad del producto 35%; mantenimiento, 15%; reducción de costes, 30% y seguridad, 20%. El número de asuntos resueltos en cada círculo ha sido, como promedio, de 3,4 al año. Puesto que los efectos económicos mismos no constituyen el único propósito, se seleccionan al año 3 ó 4 asuntos como objetivos a conseguir.

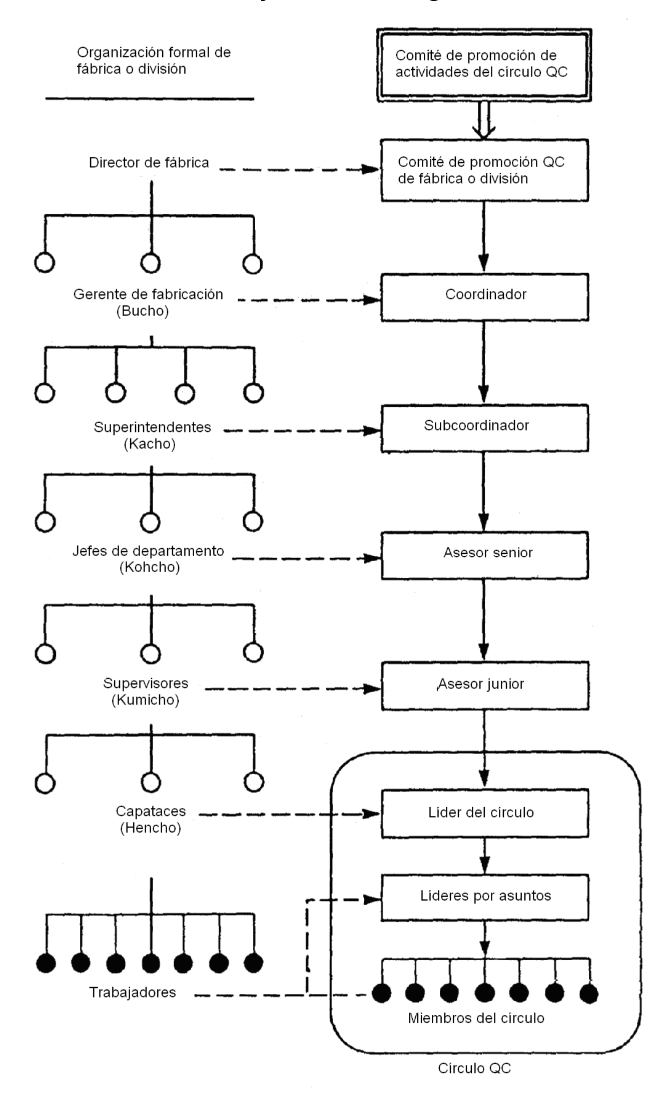


Fig. 9.12. - Estructura del Círculo de control de calidad OC y relaciones con la organización formal.

El número de reuniones del círculo ha sido de 6,7 veces al año para cada asunto y cada asunto ha requerido 6,4 horas de media, de modo que cada reunión ha durado aproximadamente una hora. En Toyota se considera lo más deseable tener una reunión del círculo dos o tres veces al mes y aproximadamente de 30 minutos a una hora de duración.

La Fig. 9.14. detalla cómo se ponen en práctica los Círculos QC.

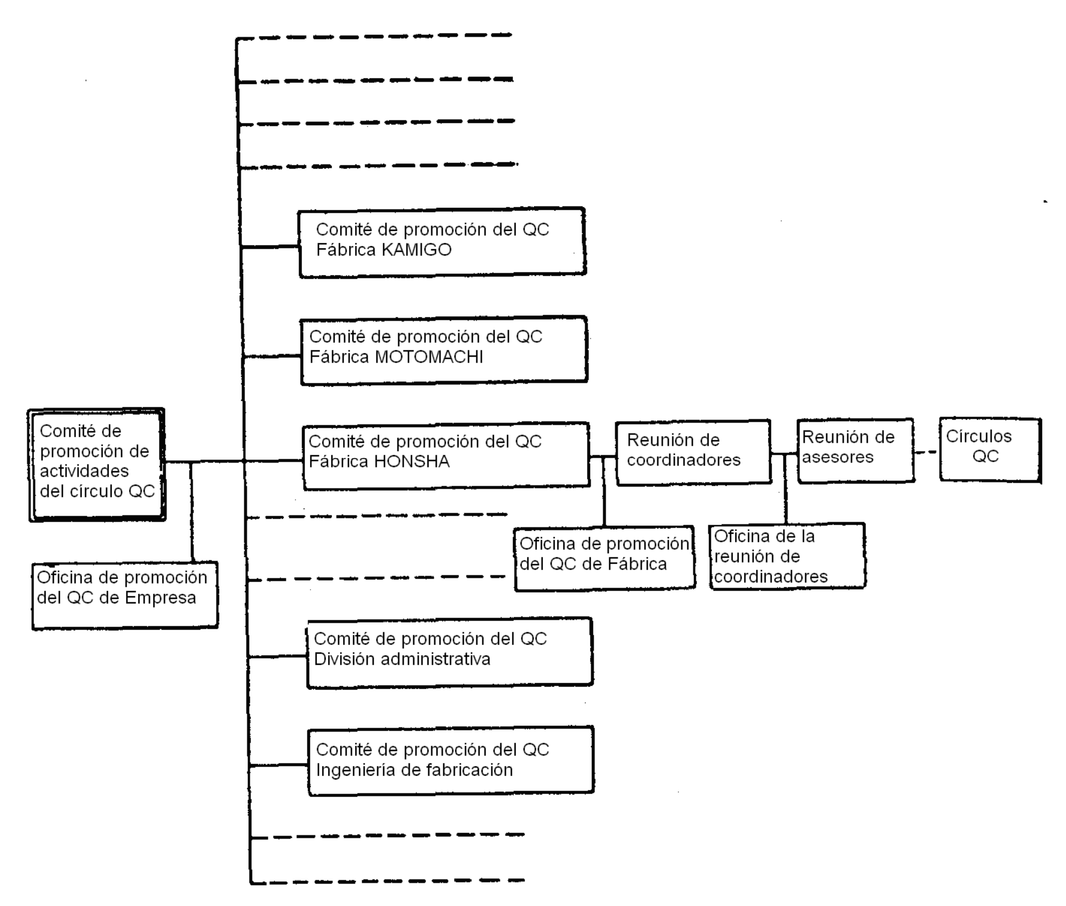


Fig. 9.13. - Organización para promover las actividades de Círculos OC

Sistema de "menciones honoríficas".

El sistema comprende en Toyota tres clases: mención honorífica de temas, mención del Círculo QC y premio Toyota al Círculo QC.

La mención honorífica de temas. Se refiere a las propuestas individuales registradas en cada círculo. Cuando el asunto ha sido resuelto por completo, puede otorgarse, con carácter mensual o bimestral un premio al esfuerzo, consistente en una recompensa monetaria. Un tercio de las

menciones de asuntos reciben un premio del asesor y a su vez, un tercio de estas últimas, recibirán el premio del coordinador. Estas recompensas se otorgan con carácter semestral.

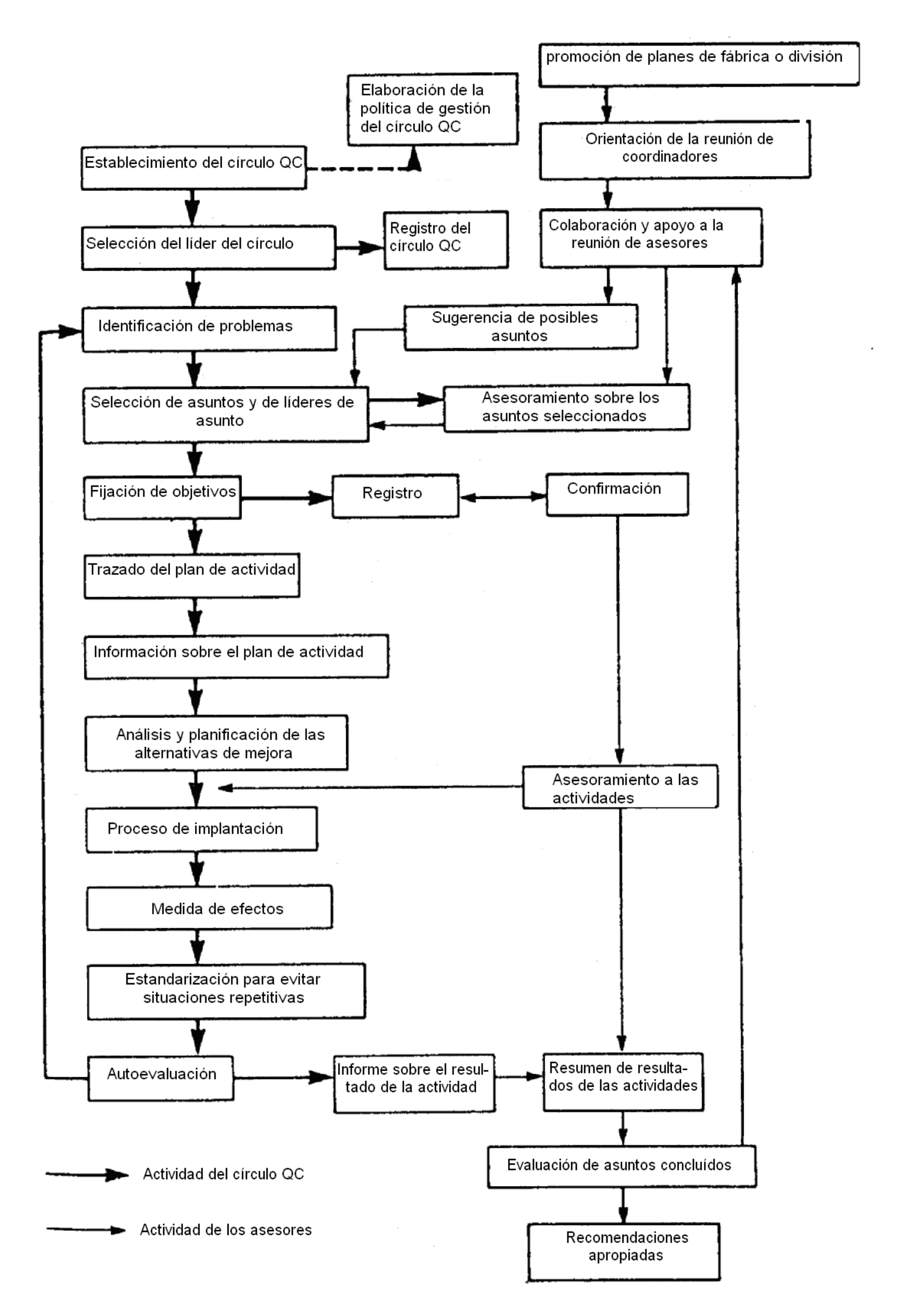


Fig. 9.14. - Promoción de actividades del Círculo de calidad

Puede concederse mención del comité de promoción de la fábrica a una propuesta de cada sección de la fábrica en cuestión. En total, cada comité de fábrica recomendará aproximadamente cuatro asuntos (correspondientes a calidad, costes, mantenimiento y seguridad) recibiendo las recompensas de la compañía denominadas Premio oro y Premio plata. Como hay trece fábricas y divisiones y se han recomendado cuatro asuntos, suelen recibir el otorgamiento de Oro o Plata alrededor de 150 círculos un par de veces al año.

El citado sistema de menciones honoríficas acompaña al sistema de presentación. Dicho en otras palabras, cada nivel de recompensas se lleva a cabo justo después de haberse realizado la presentación del círculo en la fábrica. La mención honorífica del círculo QC se otorga a la eficacia global de las actividades de un círculo durante un año. Este tipo de mención incluye, asimismo, los premios del asesor, del coordinador y del comité de fábrica.

Un círculo que haya llevado a cabo actividades excelentes durante tres años elaborará, a requerimiento de la dirección, un resumen de sus actividades y acudirá a la presentación-concurso de toda la fábrica. En el primer concurso de selección, los Jefes de Control de producción de las trece fábricas y divisiones escucharán las trece presentaciones y seleccionarán a cinco círculos como candidatos finales al premio de Toyota para círculos QC. Esos cinco círculos deben realizar sus presentaciones ante el Presidente del comité de promoción QC de la empresa y al Vicepresidente de Ingeniería. Pueden otorgarse Premios a la excelencia a ocho círculos que no reciban el premio Toyota.

Dos círculos de entre los cinco ganadores del premio Toyota participarán en el concurso del círculo QC regional fuera de Toyota Motor Corp. Si lo superaran, participarían en el Concurso de Círculos QC de todo el Japón.

El sistema de sugerencias previamente descrito es diferente del sistema de menciones honoríficas del círculo QC. Sin embargo, la recompensa monetaria del sistema de sugerencias se entregará si las propuestas del círculo suponen mejoras técnicas. El promedio anual de propuestas enviadas al sistema de sugerencias de un círculo es de once. En este caso, como el plan de sugerencias es una propuesta del grupo, la recompensa pasará al círculo y se utilizará para sus propios fines, tales como organizar encuentros deportivos o concursos de pesca.

Sistemas de formación para Círculos QC.

Diversos programas de formación promueven en Toyota las actividades del Círculo QC, habiéndose organizado de modo continuo los siguientes cursos:

- Curso sobre resolución de problemas para capataces y supervisores.

- Curso de asesoramiento para jefes de departamento y supervisores (Ambos cursos están asimismo abiertos al personal de los proveedores).
- Curso de adiestramiento para Jefes de departamento, los cuales deben realizar este curso al ascender a dicha categoría.
- Varios concursos de presentación dentro y fuera de la empresa.
- Participación en la escuela a bordo en ruta a Hong-Kong o Formosa.
- Participación en la gira de inspección para supervisores de campo que se realiza por Estados Unidos o Europa con duración de tres semanas.

Capítulo 10

"El control autónomo de defectos" asegura la calidad del producto.

El control de calidad (QC) o calidad asegurada (QA) se define en Japón como el desarrollo, diseño, fabricación y servicio de productos que satisfagan las necesidades del cliente al coste más bajo posible Como la definición implica, la satisfacción del consumidor con la calidad del producto es un finen sí mismo de Toyota y al mismo tiempo la calidad del producto es un elemento imprescindible del sistema Toyota de producción, puesto que sin el resultaría imposible el flujo continuo de producción (sincronización).

Se examinará en este Capítulo la evolución del enfoque japonés del control de calidad y su aplicación a las necesidades específicas y a los problemas dentro del sistema Toyota de producción. Como muestra la Fig. 10.1 .,el control de calidad comenzó con inspectores independientes y métodos de muestreo estadístico, pero pronto derivé al método de "auto inspección de todas las unidades", método basado en el control autónomo de los defectos por el propio proceso de fabricación. El control de calidad ha llegado ahora a interesar al conjunto de la empresa, extendiéndose, más allá de la fabricación, a las unidades funcionales de gestión de Toyota.)

Hasta 1949, las actividades de control de calidad en Japón se basaban en gran medida en rigurosas inspecciones llevadas a cabo por inspectores especializados, enfoque que ha sido casi abandonado en los programas de control de calidad de hoy. En estos momentos, en Japón, menos del 5% de los empleados de las fábricas son inspectores. Porcentaje que, en las principales compañías, es menor del 1%. Por contraste, en América y en Europa, donde las actividades de control de calidad raramente se confían a los trabajadores de la línea, aproximadamente el 10% del total de empleados de las fábricas son inspectores.

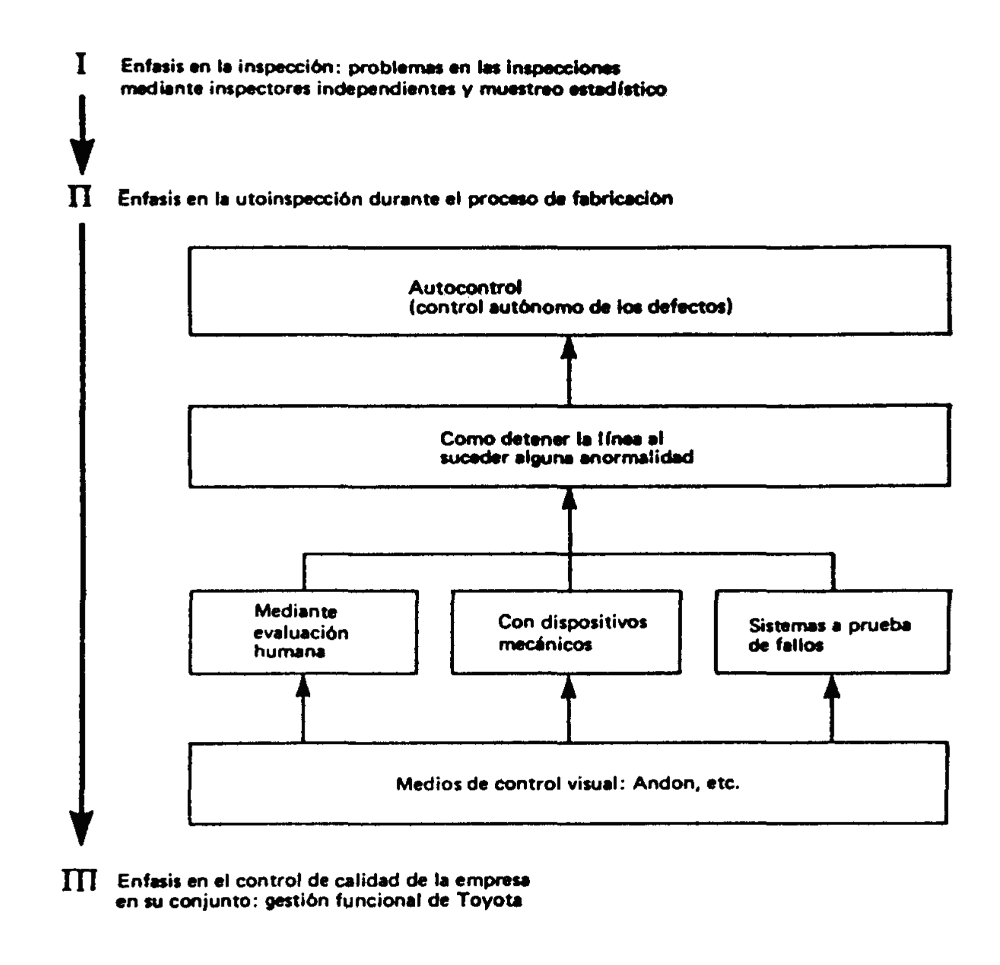


Fig. 10.1. - Evolución de las actividades de control de calidad en Toyota

En Japón, las inspecciones llevadas a cabo por inspectores especializados se han minimizado porque sus actividades están fuera del proceso de fabricación y realizan operaciones sin valor añadido, con lo que añaden costes de producción sin incrementos de productividad. Además, el circuito de información-corrección desde los inspectores a los procesos de fabricación es usualmente tan largo que, una vez descubierto un problema, continúan durante algún tiempo produciéndose piezas o productos defectuosos.

Bajo el actual sistema, el fabricante o los procesos de fabricación son por sí mismos responsables del control de calidad; los más directamente afectados por las piezas defectuosas son los que se dan cuenta de forma inmediata de los problemas y cargan con la responsabilidad de corregirlos. En consecuencia, son muy pocos los procedimientos de inspección que se asignan a inspectores especializados, general- mete, las inspecciones finales se llevan a cabo desde el punto de vista del cliente o de la dirección, no realizándose inspecciones por defectos que podrían afectar al flujo de producción.

Control estadístico de calidad.

El control estadístico de calidad (SQC) Statistic Quality Control, iniciado en América en los años treinta como aplicación industrial del cuadro de control ideado por el Dr. W. A. Shewhart, fue introducido en la industria japonesa tras la Segunda Guerra Mundial, sobre todo como resultado de los cursos impartidos por el Dr. W. E Deming en1950.

Aunque el control estadístico de calidad continúa siendo una técnica importante en los sistemas japoneses de control de calidad, presenta demasiados inconvenientes:

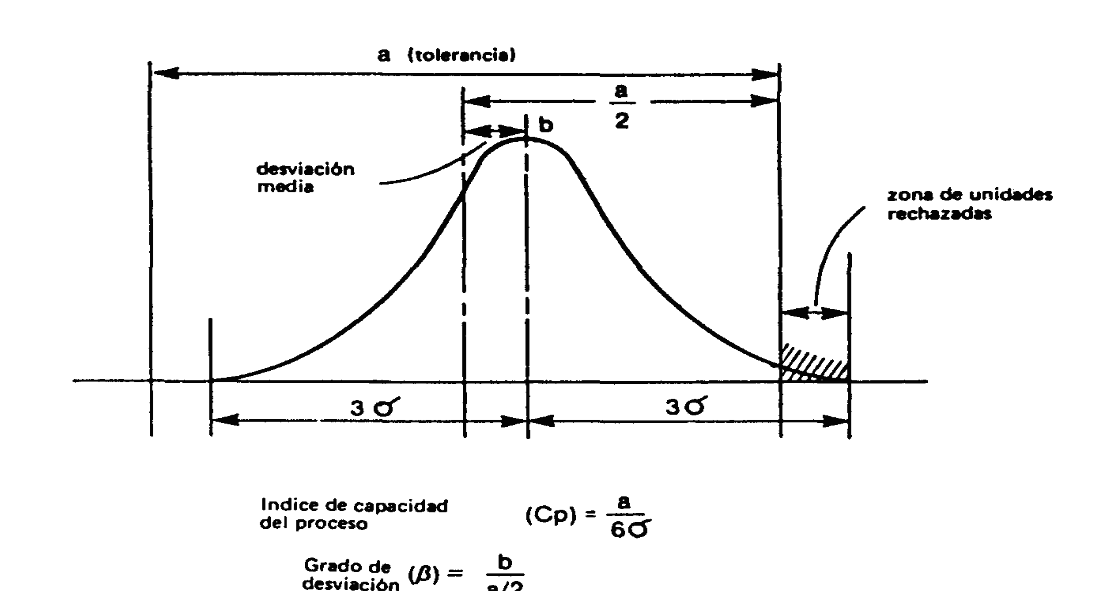
- En el control estadístico de calidad, si el nivel de calidad aceptable (AQL), Aceptable Quality Level, que determina que los productos que lo han alcanzado poseen la mínima calidad aceptable, se fija en el 0,5 ó en el 1%, dicho nivel, sin embargo, puede resultar insatisfactorio desde el punto de vista de las empresas que desean una producción de alta calidad, tal como una tasa de defectos de uno entre un millón. En Toyota, por ejemplo, el objetivo de control de calidad es la obtención del 100°/o de unidades válidas o una tasa de O defectos. La razón es bastante simple: aunque Toyota pueda producir y vender millones de automóviles, un comprador individual adquiere solamente uno. Si su coche tiene defectos, tendrá la sensación —y la comunicará a sus amigos —de que los Toyotas son una chatarra.

- En el sistema Toyota de producción, el exceso de existencias es un tipo de ineficiencia no permitido, más aún, la producción Just-in-time o la capacidad para reaccionar ante los cambios de la demanda en un tiempo de ejecución mínimo, hacen asimismo necesario minimizar las existencias. Si en algún estadio del proceso aparecen piezas defectuosas, el -flujo de producción se interrumpirá y se detendrá toda la línea.

Por ambas razones, Toyota no puede confiar sólo en un muestreo estadístico y se ha visto obligada, en su lugar, a idear medios no costosos de llevar a cabo inspecciones para todas las unidades (“inspección total”) para asegurar cero defectos.

El muestreo estadístico continúa practicándose en ciertos departamentos en que aparece la producción por lotes. En una prensa automática d alta velocidad, por ejemplo, en que el canal contiene lotes de 50 ò 1OO unidades, sólo se inspeccionan la primera y la última de estas unidades. Si ambas resultan válidas, todas las unidades del canal se consideran así mismo válidas. Si la última es defectuosa, sin embargo, se busca la primera unidad defectuosa del canal, se retiran todas la que lo sean y se llevan a cabo acciones de corrección. Para que ningún lote escape a la inspección, la prensa se detiene automáticamente al final de cada lote.

El uso del muestreo estadístico es, en efecto, una inspección total puesto que sólo se lleva a efecto cuando una operación ha sido estabilizada por completo con un cuidadoso mantenimiento del equipo y de las herramientas, por lo que no deben ocurrir defectos esporádicos. En tales casos, la distribución de una variación del producto (6 veces la desviación estándar) será relativamente pequeña comparada. con la tolerancia prevista y la desviación de los datos respecto al valor medio de la especificación proyectada será asimismo reducido (Fig. 1 0.2). En estas condiciones, el plan de inspección por muestreo garantizará la calidad de todas las unidades.



Indice de capacidad del proceso $(Cp) = \frac{a}{6\sigma}$

Grado de desviación $(\beta) = \frac{b}{a/2}$

Condición para que no se produzcan unidades rechazables:

$b + 3\sigma < a/2$

o bien

$Cp\ (1 - \beta) > 1$

$Cp \geq 1.33$ en el grupo Toyota

Fig. 10.2. - Capacidad del proceso para obtener la calidad y desviación

En efecto, entonces, el control de todas las unidades o su equivalente se han sustituido por el muestreo estadístico ordinario, como también se han desarrollado inspecciones en el proceso mismo de fabricación, para reemplazar a las inspecciones independientes. En ambos casos, los métodos más tradicionales de control de calidad se han visto reemplazados por auto inspección de todas las unidades con vistas a reducir el número de unidades defectuosas. Este enfoque del control de calidad se denomina Jidoka o Autocontrol.

Autocontrol.

En japonés, Jidoka tiene dos significados y se escribe con dos ideogramas diferentes (Fig. 10.3). Uno de ellos significa automatización en el sentido usual: el cambio de un proceso manual a uno mecanizado. Mediante este tipo de automatización, la máquina opera por sí misma desde que se pulsa un interruptor, pero no tiene un mecanismo de retroalimentación que detecte errores ni posee mecanismos para detener el proceso si sucede algún tipo de funcionamiento defectuoso. Este tipo de automatización que podría conducir a un gran número de piezas defectuosas en caso de mal funcionamiento de la máquina, se considera insatisfactorio.

Jidoka = 1. 自動化 = automatización
2. 自働化 = control autónomo

Fig. 1O.3- Dos significados de Jidoka

El segundo significado de Jidoka es “control automático de defectos”, significado elegido por Toyota. Para distinguir entre ambos significados de Jidoka, Toyota suele referirse al segundo tipo como Ninbennoaru Jidoka o, traducido literalmente, “automatización con mente humana”.

Aunque a menudo el autocontrol se refiere a ambos tipos, no se Limita a los procesos mecanizados, sino que puede utilizarse también en relación con las operaciones manuales. En todo caso, es predominantemente una técnica para detectar y corregir defectos de la producción e incorpora siempre los elementos siguientes: un mecanismo que detecta las anormalidades o

defectos; y un mecanismo que detiene la línea o la máquina cuando suceden anormalidades o defectos. En resumen, el autocontrol comprende siempre en Toyota el control de calidad puesto que hace imposible que las piezas defectuosas pasen inadvertidas en la línea. Al ocurrir un defecto, la línea se detiene, forzando a una atención inmediata al problema, una investigación sobre sus causas y el inicio de acciones correctivas para prevenir una nueva aparición de defectos similares El autocontrol tiene por lo demás otros componentes y efectos importantes: reducción de costes, producción adaptable, y aumento del respeto a la dimensión humana(Fig. 10.4.).

Disminución de costes por reducción del personal. Con un equipo diseñado para detenerse de modo automático una vez producida la cantidad requerida o al ocurrir algún defecto, no se necesita trabajador alguno para vigilar las operaciones de la máquina. En consecuencia, las operaciones manuales pueden separarse de las operaciones mecanizadas y el operario que ha terminado su trabajo en la máquina A puede ir a operar la máquina B mientras la A funciona. Así, el autocontrol desempeña un papel importante en la redefinición de la ruta estándar de operaciones: la capacidad del trabajador para manejar más de una máquina al mismo tiempo hace posible reducir personal y con ello, costes de producción.

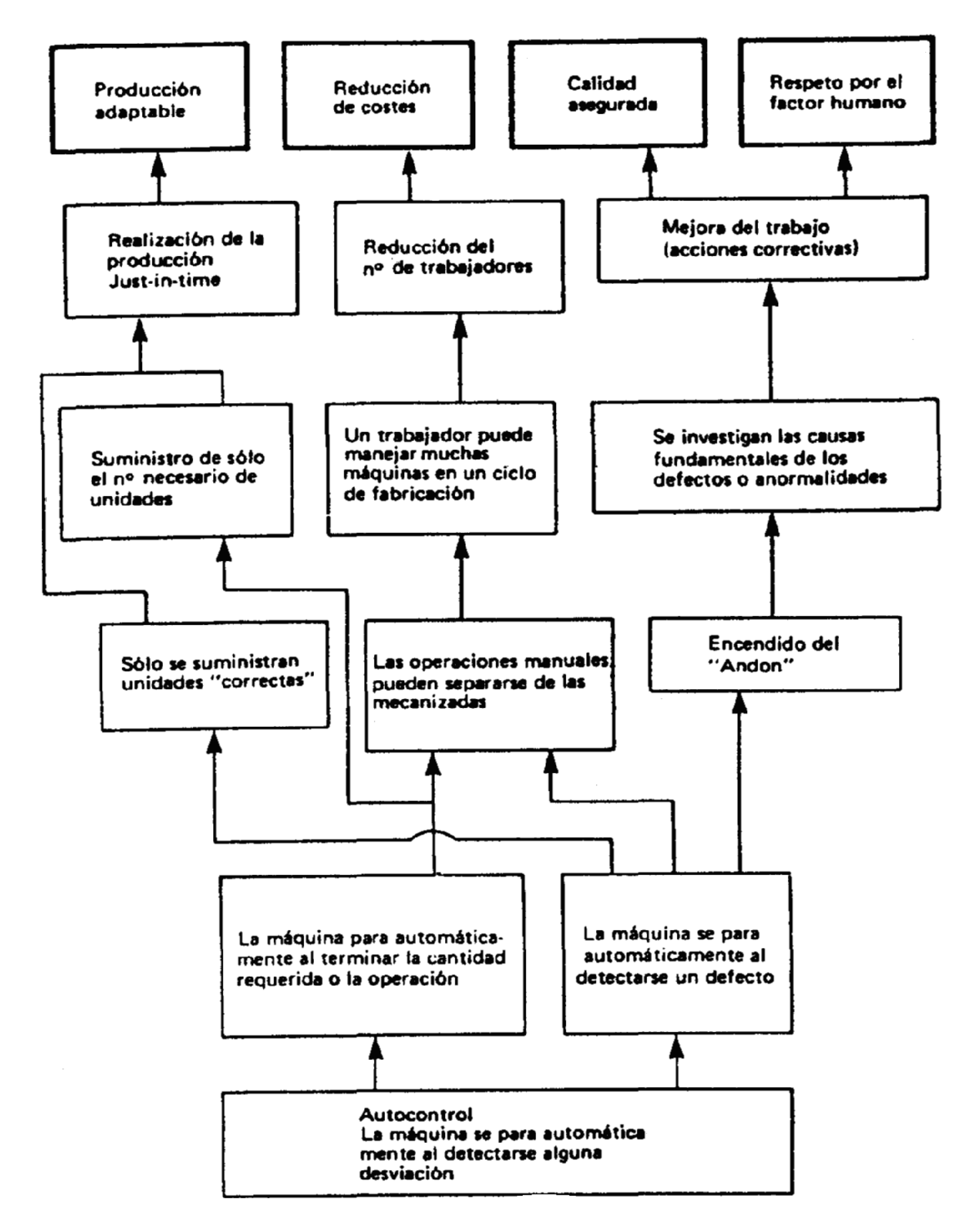


Fig. 10.4. - Consecución de los propósitos del autocontrol.

Adaptabilidad a los cambios de la demanda. Puesto que todas las máquinas se detienen automáticamente una vez producido el número requerido de piezas y fabrican sólo unidades válidas, el autocontrol elimina el exceso de existencias y hace así posible la producción Just-in-time y la adaptación real a las modificaciones de la demanda.

Respeto por la dimensión humana. Dado que el control de calidad basado en el autocontrol llama de inmediato la atención sobre los defectos o problemas en los procesos productivos, estimula la mejora del trabajo y, con ello, aumenta el respeto por la dimensión humana.

Autocontrol y Sistema Toyota de producción.

Una vez examinados los propósitos del autocontrol, consideremos ahora su aplicación al sistema Toyota de producción, es decir, los tipos específicos de mecanismos utilizados para detener la línea al ocurrir un defecto, las técnicas empleadas para acostumbrar a los trabajadores a la producción autocontrolada y los medios para tener visualizada la producción y corregir las anormalidades cuando suceden.

Métodos para detener la línea.

Existen en general dos maneras de detener la línea al suceder alguna anormalidad: mediante actuación humana o por medio de mecanismo automáticos.

Cada trabajador tiene la facultad y la responsabilidad de detener la línea si no todas las operaciones se realizan o pueden realizarse de acuerdo con la ruta estándar de operaciones. Las causas pueden ser, una reducción del número de trabajadores (Shojinka) de la que resulta un ciclo de fabricación demasiado corto o que en el proceso anterior se hayan producido unidades defectuosas, haciendo necesario para el trabajador de proceso siguiente detener la línea. Si, por ejemplo a un trabajador le lleva 80 segundos completar las operaciones que tiene asignadas y su ciclo de fabricación es de 70 segundos, debe de tener la línea durante diez segundos por cada ciclo. En otro caso, no será capaz de terminar su trabajo y habrá defectos. Al detenerse la línea, los supervisores y los ingenieros deben investigar el problema y llevar a cabo mejoras de las actividades a fin de reducir el tiempo de operaciones de 80 a 70 segundos. Estas actividades pueden incluir eliminación de actividades inútiles, reducción de las distancias de desplazamiento, etc.

Las unidades defectuosas producidas en el proceso anterior aparecen generalmente cuando las reducciones en las existencias intermedias bajo el sistema Kankan o las reducciones en el número de trabajadores, hacen imposible reemplazar las unidades defectuosas a partir de los

stocks o repararlas durante el tiempo de espera. Como resultado, la línea debe de tenerse al aparecer los defectos, lo que llama la atención sobre el problema y presenta una oportunidad para una ulterior mejora de actividades. Los defectos de diseños, por ejemplo, o bien operaciones continuamente omitidas en los procesos previos, pueden salir a la luz por este procedimiento. (Fig.10.5)

Cuando la línea se detiene debido a unidades defectuosas o a revisión de la ruta estándar de operaciones, la responsabilidad del supervisor es doble. En primer lugar debe enseñar a los operarios a detener la línea al sobrevenir algún defecto de modo que solo se entreguen unidades válidas. En segundo lugar, debe descubrir y corregir la causa de los defectos que han parado la línea. En el caso de piezas defectuosas entregadas por el proceso anterior, por ejemplo, debe devolver las piezas, investigar la causa del problema y, si fuera necesario, establecer cambios para prevenir una nueva aparición de los defectos.

La clave para evitar los defectos mediante evaluación humana, radica en que cada trabajador tiene facultad para detener la línea. A este respecto, el sistema Toyota de producción no solo es más efectivo controlando la calidad que la cinta transportadora de Henry Ford, si no también más humano.

Cuando el autor describía el sistema de Toyota a ingenieros industriales americanos en conferencias dadas en l981, muchos de los oyentes señalaban que sus empleados podrían no ser tan leales como para no detener la línea simplemente para eludir el trabajo. En Japón, el problema es justamente el contrario. Como la moral de los trabajadores es tan alta, a menudo no paran la línea cuando debieran e incluso penetran en el proceso próximo para completar las tareas asignadas, es decir, intentan concluir sus tareas a despecho de las instrucciones del supervisor de parar la línea si se retrasan o se encuentran fatigados.

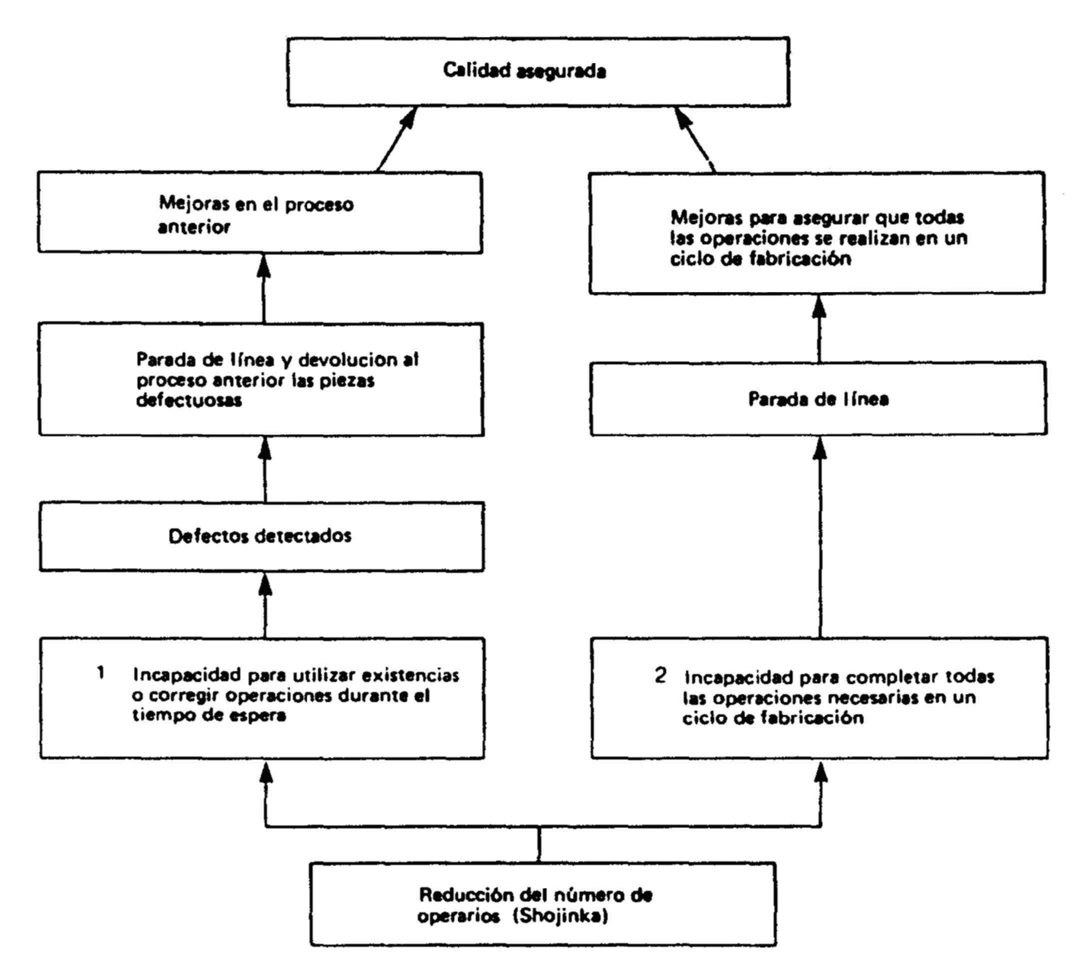


Fig. 10.5 - Relaciones de causalidad en las paradas de línea

Problemas similares pueden presentarse también con los trabajadores a tiempo parcial o estaciónales a tiempo completo, que sacan a veces productos sin todos los componentes o sin suficiente sujeción de los mismos. En cualquier caso, los métodos de control de calidad basados únicamente en el criterio humano pueden fallar por causa de la resistencia de los trabajadores a bajar la producción y llamar la atención sobre sí mismos al detener la línea. Para parar la línea automáticamente se ha instalado una serie de mecanismos por si el trabajador fracasa al completar su operación asignada en el tiempo previsto.

Comprobación mecánica en apoyo del criterio humano

En una línea, por ejemplo, los trabajadores llevan a cabo su operación mientras andan bajo una cinta elevada de transporte. Entre procesos hay una esterilla como las que abren automáticamente las puertas en los supermercados y en los aeropuertos. Si el trabajador excede

la distancia prevista para completar su trabajo, pisa la esterilla y la línea se detiene. En tina operación similar, la herramienta utilizada para colocar las tuercas de las ruedas está suspendida de un raíl elevado y se mueve junto con el trabajador mientras éste camina a lo largo de la línea. Si el portaherramientas sobrepasa cierto punto del raíl, la línea se detiene automáticamente para evitar que el operario entre a terminar su trabajo en el próximo proceso.

Al principio, los trabajadores resistían incluso la implantación de estas formas limitadas de control automático, porque se veían forzados a completar su trabajo en el ciclo de fabricación asignado. Fue por ello necesario que los supervisores explicaran el propósito del sistema y sus ventajas para el trabajador; liberarlo de acciones pesadas o inútiles identificando y corrigiendo diversos problemas de la línea. Como resultado, los trabajadores aceptaron por completo el sistema, mejoré el control de calidad y se redujo el total del tiempo consumido por las detenciones de la línea.

Sistemas a prueba de fallos para detener la línea

Los sistemas a prueba de fallos son similares en su modo de actuar a las comprobaciones mecánicas descritas aquí y se utilizan ampliamente tanto en las operaciones mecanizadas como en las manuales. A diferencia de las comprobaciones mecánicas, sin embargo, los sistemas a prueba de fallos se utilizan para eliminar defectos que pueden ocurrir por descuido del operario, y no por falta de tiempo durante el ciclo o ganas de parar la línea.

Un sistema a prueba de fallos consta de un instrumento detector, un dispositivo limitador y un mecanismo de señal. El instrumento detector es sensible a las anormalidades o desviaciones de la pieza en el proceso, el dispositivo limitador detiene la línea y el mecanismo de señal hace sonar un zumbador o enciende una bombilla para atraer la atención de los operarios. En el proceso de empaquetado que muestra la Fig. 10.6., por ejemplo, el soporte o el producto podrían dañarse si el producto no estuviera centrado en la paleta. Para evitarlo, un par de manillas de interruptor detectan la posición lateral del producto y un par de células fotoeléctricas la posición anterior y posterior. Si el producto se encuentra en posición incorrecta, un freno evita que la paleta continúe a lo largo de la línea y suena un zumbador que llama la atención de los operarios sobre el problema. En este caso, las manillas y las células fotoeléctricas son instrumentos detectores, el freno es un dispositivo limitador y el zumbador es el mecanismo de señal.

Generalmente, los aparatos detectores se clasifican en una de las tres categorías siguientes y vienen determinados por el tipo de método a prueba de fallos que se utilice.

Método de contacto. Las manecillas o las células fotoeléctricas aun se muestran en la Fig. 10.6. Se utilizan para detectar diferencias en el tamaño o en la forma del producto y comprueban la presencia o no de tipos específicos de defectos. Con el propósito ce utilizar el método de contacto, las características de forma o de tamaño se diseñan en ocasiones, intencionadamente, de modo esencialmente similar. Los mecanismos que distinguen un color de otro forman asimismo parte del método de contacto aunque en ellos el "contacto" se realice mediante luz reflejada en vez de con manillas o células fotoeléctricas.

Método global. A diferencia de! método de contacto, que se utiliza principalmente para comprobaciones de la presencia de un rasgo particular o para asegurarse de que determinado paso se ha ejecutado correctamente, el método global se utiliza para asegurar que todos los elementos de una operación se han completado con éxito. Un sistema global se utiliza, por ejemplo, para asegurar que los trabajadores pongan todas las piezas requeridas y una hoja de instrucciones dentro de una caja para la expedición (Fig. 10.7).
Para construir el mecanismo a prueba de fallos, se situaron células fotoeléctricas frente a cada recipiente de piezas de modo que la manipulación del operario interrumpe el rayo luminoso a remover una pieza o la hoja de instrucciones de un recipiente. El freno no libera la caja y le permite dejar el puesto del trabajador mientras no se haya interrumpido todos los ayos luminosos.

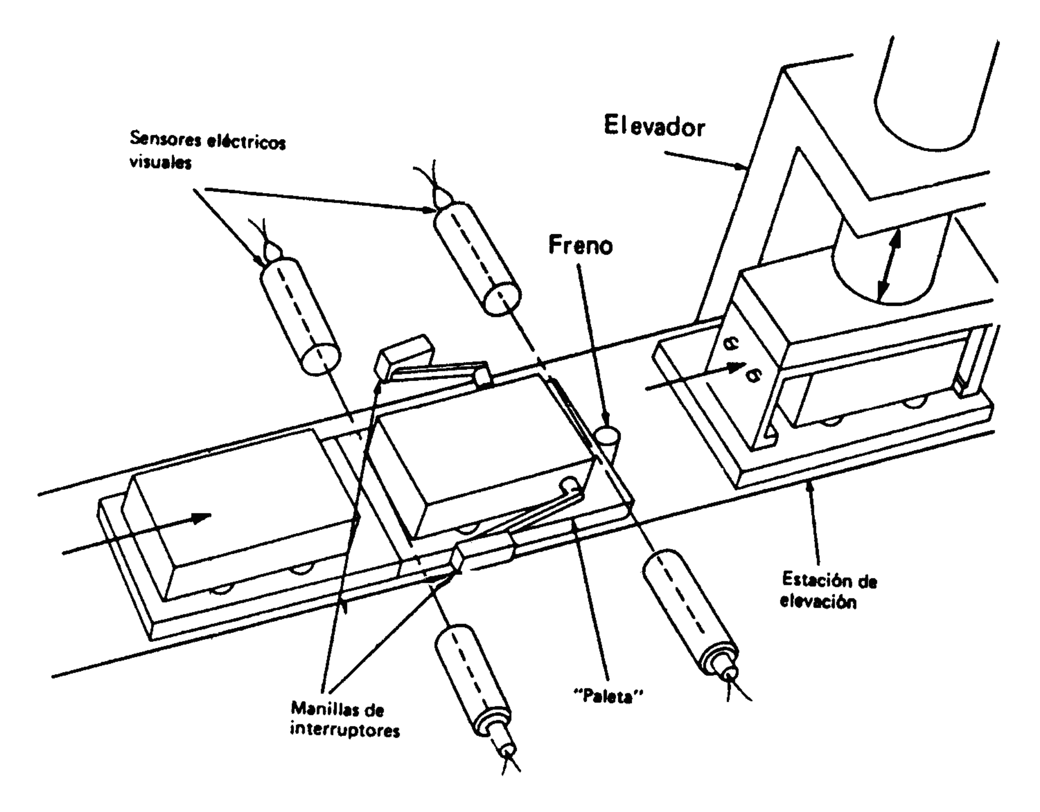


Fig. 10.6. - Mecanismo a prueba de tallos por el método de contacto

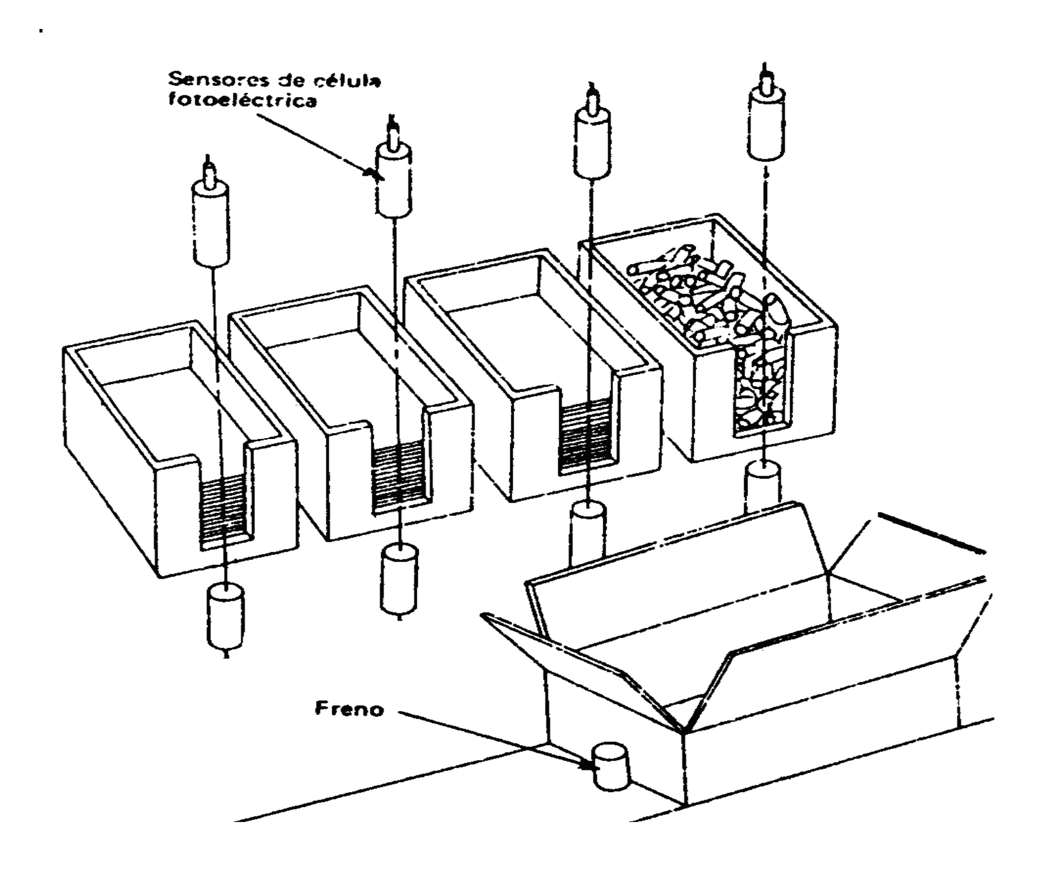


Fig. 10.7. - Método global a prueba de tallos

Otro proceso controlado por un sistema global utiliza un contador para prevenir los fallos. En una sección de soldadura por puntos, por ejemplo, un contador registra el número de soldaduras y suena un timbre si hay discrepancia entre el número contado y el requerido.

Método de acción de fase. Se denomina así porque, a diferencia de los restantes métodos a prueba de fallos requiere que el trabajador lleve a cabo una fase o etapa que no forma parte de las operaciones del producto. Consideremos, por ejemplo, una sección que instala accesorios metálicos a los asientos. Puesto que el mismo departamento podía procesar como mucho hasta ocho diferentes tipos de asientos en un programa combinado, se había adherido un Kankan a cada asiento para que el trabajador supiera qué accesorios metálicos instalar. Con todo y eso, continuaban instalándose accesorios metálicos inadecuados varias veces al mes. En consecuencia. Se ideó la siguiente acción a prueba de fallos: el borde inferior de cada Kanban se cubrió con una lámina de aluminio. Al llegar un asiento al puesto de un trabajador, éste toma el Kanban y lo inserta en un buzón de inserción de Kanban especialmente instalado. Cuando el Kanban se inserta en el buzón, un sensor detecta la posición de la lámina de aluminio, enciende una luz roja en la caja de los accesorios apropiados y abre la caja. El operario toma entonces los accesorios de la caja y los coloca en el asiento.

Este método es un ejemplo de las ventajas de un sistema a prueba de fallos en los métodos basados en el criterio humano. Ambos métodos cumplen los principales propósitos del autocontrol: asegurar la calidad, reducción de costes, realización de entregas just-in-time y mayor respeto por la dimensión humana. Los sistemas a prueba de fallos, sin embargo, no sólo garantizan la calidad del producto, sino que contribuyen a incrementar el respeto a los aspectos humanos relevando al trabajador de una atención constante sobre detalles aburridos.

Controles visuales

Al implementar el autocontrol, varios controles visuales recogen en pantallas el estado de la línea y el flujo de la producción. Algunos de estos controles se han mencionado en conexión con diversos tipos de mecanismos de control de calidad. Los principales sistemas a prueba de fallos

por ejemplo, utilizan una luz o algún otro tipo de señal para indicar la anormalidad en la marcha de la producción. Otros controles visuales comprenden el Andon y sus luces de aviso, las hojas de operaciones estándar, las fichas Kanban, los paneles de pantalla digital y las placas de almacén y existencias.

El Andon y sus luces de aviso

Cada línea de montaje y de mecanización está equipada con un cuadro de luces y un tablero Andon. El cuadro de luces se utiliza para avisar a un supervisor, operario de mantenimiento o trabajador en general. Posee usualmente varias luces de diferentes colores, cada una de las cuales significa que se requiere un tipo diferente de asistencia. En las principales 1 meas las luces de aviso están suspendidas del techo o colocadas en alto para que los supervisores y los operarios de mantenimiento puedan verlas con facilidad.

Andon es el nombre del tablero indicador que muestra la detención de una línea por un operario.' Como antes se explicab3, cada operario de Toyota dispone de un interruptor que le permite detener la línea, en caso de un error o retraso en su posición. Al suceder esto, se encenderá una luz roja en el Andon sobre dicha línea para indicar el proceso responsable de la parada. El supervisor de dirigirá entonces inmediatamente al puesto de trabajo a investigar el problema y tomar la acción correctora necesaria. La Fig. 1 0.8 muestra una luz de aviso y el tablero Andon con el interruptor utilizado para controlar las lámparas. En la figura, las' luces de aviso se encuentran sobre el Andon; en muchas secciones, sin embargo, ambos - luces y Andon - se encuentran instalados en lugares distintos. (Fig. 10.9.).

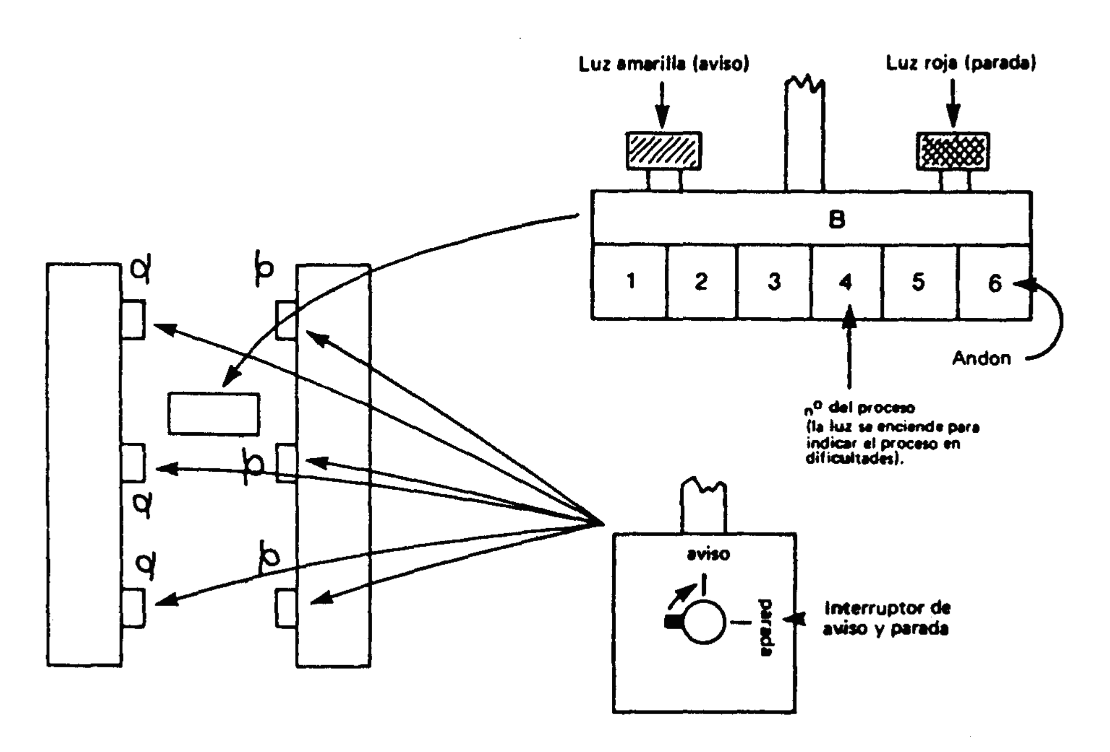


Fig. 10.8 - Luz de aviso. Andon e interruptor de parada

En muchos casos, el Andon tiene luces de diferentes colores para indicar la condición de la línea. Una luz verde, por ejemplo, indica operación normal y una amarilla indica que un trabajador solicita ayuda para un problema. Si no se corrige la dificultad, se encenderá una luz roja que indica que la línea está detenida. En otras disposiciones, los tableros Andon pueden tener más luces y utilizar colores diferentes para indicar la condición de la línea. El tablero tiene general- mete cinco colores con los siguientes significados:

- **Rojo** Avería en la máquina.
- **Blanco** Final de una serie de producción: se ha producido la cantidad requerida.
- **Verde** No se trabaja por falta de materiales.
- **Azul** Unidad defectuosa.
- **Amarillo** Se requiere preparación (incluyendo cambio de herramientas, etc.).

Todos los tipos de Andon se apagan al llegar un supervisor o persona de mantenimiento a la posición de trabajo responsable del retraso.

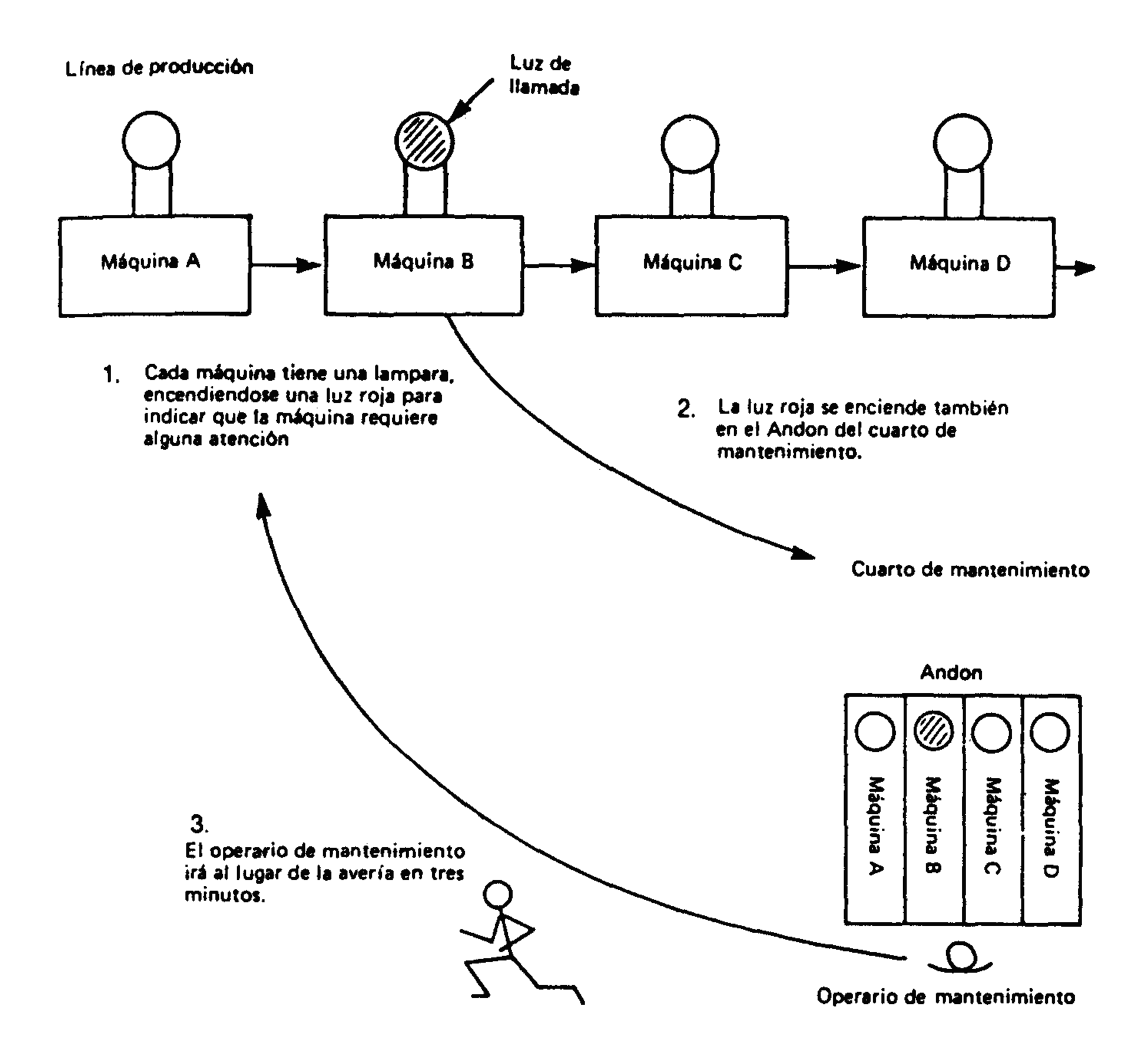


Fig. 10.9. - Andon de mantenimiento de maquinaria

Hojas estándar de operaciones y fichas Kanban. Como se explicaba en el Capítulo 7, una operación estándar consta en Toyota de un ciclo de fabricación, una ruta estándar de operaciones que incluye asignaciones para comprobaciones de calidad y seguridad y una cantidad estándar de trabajo en curso.

El conjunto de estos tres elementos se incluye en una hoja estándar de operaciones que se coloca en la pared, en la línea, donde cada operario pueda verla fácilmente. Cuando un trabajador no puede ejecutar sus operaciones estándar en el ciclo de fabricación, debe detener la línea y solicitar ayuda para resolver el problema. La hoja estándar de operaciones coopera, en definitiva, con otros tipos de controles visuales en el logro de estandarizar las operaciones. Eliminar los despilfarros y evitar los defectos.

De modo similar, las fichas Kanban sirven también como control visual de las anormalidades de la producción. Si, Por ejemplo, se descubren, en el almacén próximo a la línea, productos sin Kanban adherido, ello es señal de sobreproducción a investigar de inmediato. O bien se ha dispuesto un ciclo de fabricación demasiado largo, teniendo el trabajador excesivo tiempo ocioso. O bien se ha parado la línea con frecuencia en el siguiente proceso. En cualquier caso, la ausencia del Kanban constituye una señal para la inmediata investigación y eliminación del problema.
Además de este papel de control de la sobreproducción, las fichas Kanban cumplen también otras funciones de control visual. Comprobando el número de órdenes Kanban de producción, por ejemplo, el supervisor puede decir qué productos se encuentran en curso y determinar si serán necesarias o no horas extraordinarias de trabajo.

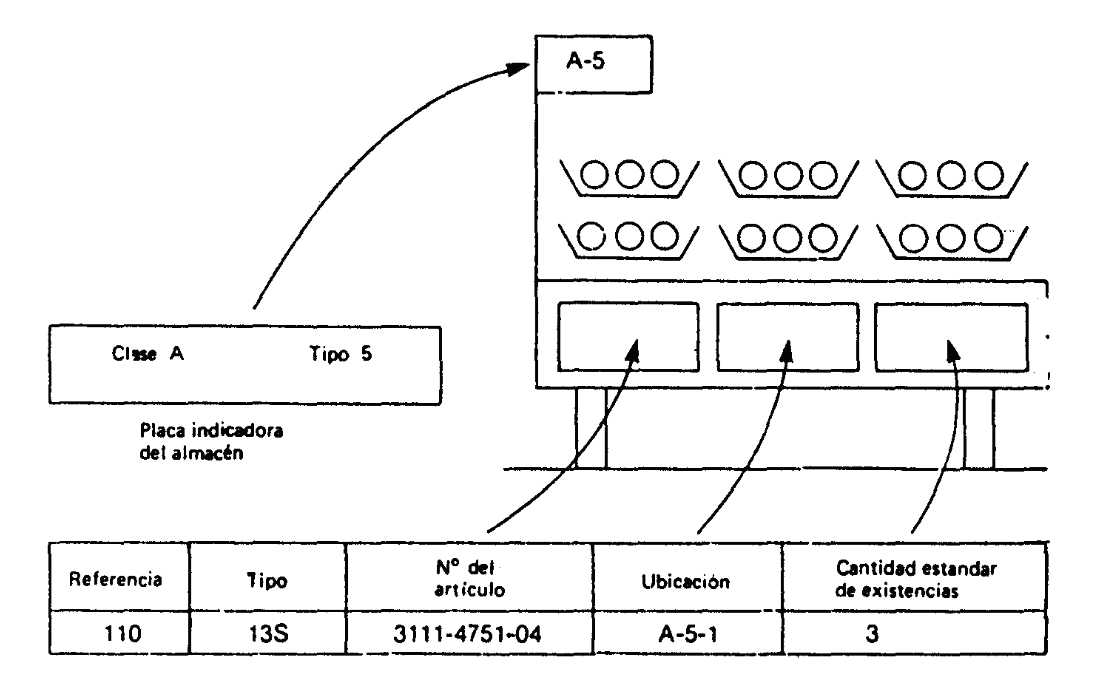
Paneles con pantalla digital. La marcha de la producción se contempla también en paneles con pantalla digital que indican tanto el objetivo diario de producción corno el número de unidades producidas. Observando estos paneles, todos pueden saber, en las líneas, si la producción va demasiado lenta para alcanzar el objetivo diario y pueden cooperar con su trabajo a conseguir el cumplimiento del programa. Al igual que las luces de aviso y el Andon, los paneles con pantalla digital sirven para alertar a los supervisores sobre problemas y retrasos en los diversos puntos de la línea.

Placas indicadoras de almacén y existencias. Cada unidad de almacenaje tiene asignada una “dirección” que se muestra tanto por una placa sobre su ubicación (Figura 10.10.) como en el Kanban. En consecuencia, los operarios encargados del transporte pueden entregar siempre las piezas en el lugar adecuado, comparando la dirección del Kanban con la de la placa de almacén. Hay. Además de ésta, otra placa que indica la cantidad estándar de existencias y ayuda así al control de inventarios.

Aunque los sistemas de control visual son efectivos para conseguir el autocontrol funcionan sólo, como los restantes métodos de control de calidad. Detectando las anomalías (Figura 10.11.). Las acciones para corregir los defectos o anomalías continúan en manos del supervisor y sus trabajadores. Que deben siempre seguir una secuencia prescrita de pasos: estandarización de operaciones, detección de anomalías, investigación de causas, mejora del trabajo mediante los Círculos de calidad y estandarización de operaciones. Últimamente. sin embargo. El objetivo del autocontrol debe ser conseguir el sistema de producción en que incluso las acciones correctivas de los defectos se tomen automáticamente. Antes de examinar Otros tipos control de calidad conviene echar una ojeada a la robótica, su utilización y su impacto potencial sobre el sistema Toyota de producción.

Robótica.

Corno las correspondientes compañías americanas, los fabricantes japoneses de automóviles están instalando robots en gran escala, especialmente en los procesos que llevan consigo soldadura, pintura y mecanización de piezas. Las razones son muchas, incluyendo entre ellos el aumento de seguridad, la mejora de calidad del producto y el incremento de productividad, junto con, naturalmente, la reducción de costes. Por lo que se refiere a la seguridad y a la calidad del producto, las ventajas de la robótica son evidentes. Los robots pueden relevar a os trabajadores humanos en tareas peligrosas en áreas en que están expuestos a humos insanos y otras amenazas ambientales. Puesto que los robots pueden llevar a cabo operaciones repetitivas con alta precisión y sin fatigarse. Contribuye también a mejorar el control de calidad. El incremento de productividad, por su parte, es menos fácil de comprobar.



Placa indicadora de existencias

Fig. 10.10. —Placas indicadoras de almacén y de existencias

En el momento presente un trabajador experimentado percibe en Japón alrededor de 4 millones de yens por año, con una subida anual de aproximadamente el 6 o el 7 % Mientras los salarios continúan creciendo, el coste de los robots más sencillos, sin embargo. Es de aproximadamente 2 millones de yens y en tanto que los robots más complejos pueden adquirirse por 15 ó 20 millones de yens. Como un robot pintor, por ejemplo, puede hacer el trabajo de 1 .5 hombres, el ahorro de costes laborales a largo plazo. Mediante la robótica es obvio y no puede ignorarse. Además, los robots son más fácilmente adaptables que la mano de obra humana a una mayor diversificación de la producción requiriendo, al proyectarse un cambio, escasas modificaciones en la distribución en planta de los procesos.

Un sistema de producción compuesto de robots y máquinas, por ejemplo, puede a menudo adaptarse a los nuevos modelos simplemente cambiando las herramientas y el programa del robot. En los sistemas hombres-máquinas, en contrapartida, un cambio de modelo supone cuantiosas inversiones en nuevos equipos y en formación para los operadores humanos.

Los robots y el sistema Toyota de producción.

Cualquiera que sea el impacto de la robótica sobre las relaciones laborales, es importante darse cuenta de que su introducción no es un abandono sino una extensión lógica del sistema Toyota de producción. En efecto, los objetivos principales de la robótica coinciden por completo con los del sistema en la reducción de costes, calidad asegurada, producción flexible y respeto por la dimensión humana.

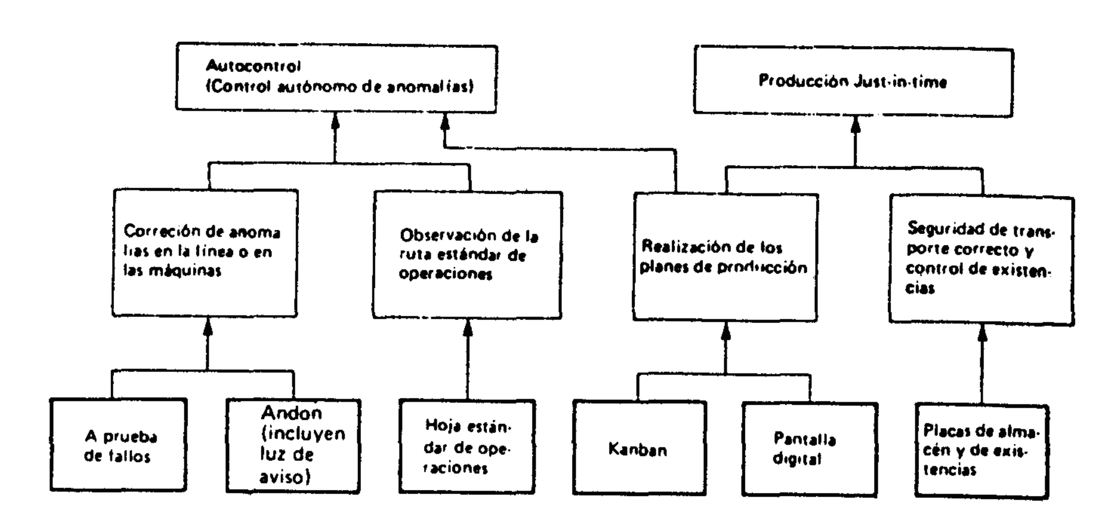


Fig. 10.11. - Esquema de los sistemas de control visual

El modo en que la robótica contribuye a los tres primeros objetivos ha sido ya descrito. Su contribución al respeto por los aspectos 1w- manos no radica sólo en relevar a los hombres en las tareas arriesgadas y penosas sino en extender de varios modos el uso preferente de máquinas y tecnología en el sistema Toyota de producción, especialmente reemplazando a los hombres por máquinas sólo cuando ello suponga liberar al trabajador de tareas repetitivas y dejarle más tiempo disponible para acciones con sentido humano. En resumen, los robots, como los restantes tipos de tecnología, deben permanecer como instrumentos para el hombre y no al contrario.

Control de calidad global de la empresa.

La empresa Control Total de Calidad (TQC) fue utilizada por primera vez por el Dr. Feigenbaum de Estados Unidos, en la revista Industrial Quality Control (mayo, 1957). De acuerdo con

Feigenbaum, todos los departamentos de la empresa, incluyendo marketing, diseño, producción, inspección y distribución deben participar en el control de calidad.

Feigenbaum asigna a especialistas en QC el papel básico en la promoción del TQC. El control de calidad japonés, sin embargo, que se denomina con frecuencia Control de Calidad Global de la Empresa (CWQC), Company Wide Quality Control, a diferencia del TQC de Feigenbaum, no es dirigido por especialistas en QC. Si lo fuera, los empleados de la línea, de cada departamento, rechazarían probablemente las sugerencias del staff QC, dados los estrechos lazos que se mantienen en las compañías japonesas dentro de la línea. En vez de ello, el QC es responsabilidad de los trabajadores a todos los niveles y, en cada departamento de la organización, todos han estudiado las técnicas del control de calidad.

De acuerdo con el Dr. Kaoru Ishikawa, promotor del movimiento japonés QC, el CWQC presenta las tres características siguientes: todos los departamentos participan en QC, todas las categorías de empleados participan asimismo en QC y el QC se encuentra totalmente integrado con las restantes funciones de la empresa.

Todos los departamentos participan en QC.

Para asegurar la calidad del producto, todos los departamentos

-Planificación del producto, diseño, comprobación9 compras, provee-dores, ingeniería de fabricación, inspección, ventas, y servicios, etc.- deben participar en las actividades QC. El análisis de la calidad del producto en las fases de desarrollo y diseño por ejemplo, es esencial para establecer la calidad del mismo puesto que resulta imposible corregir errores cometidos en esas fases una vez que el producto llega a los departamentos de fabricación e inspección. Al propio tiempo, sin embargo, cada uno de los restantes departamentos desempeña también un papel importante. La consecuencia, puede recordarse la definición de control de calidad en la que empezaba el Capítulo: en Japón. el Control de Calidad (QQ) o calidad asegurada (QA) se define como el desarrollo, diseño, fabricación y servicio de productos que satisfagan las necesidades del consumidor al menor coste posible.

La satisfacción de las necesidades del consumidor concierne predominantemente al nuevo desarrollo y diseño del producto, que debe identificarse con las necesidades del consumidor tales como funcionamiento debajo consumo y libre de averías, asegurando que el producto las satisfaga. El control de calidad, a este nivel, asegura que los automóviles japoneses continúen siendo populares en el mundo y con ello, en definitiva, que las ventas y los beneficios continúen en alza. El control de calidad durante la fabricación (mediante el autocontrol y las restantes técnicas descritas en este Capítulo) disminuye los costes de producción- reduciendo los defectos y con ello garantizando tanto los bajos costes para el consumidor como la rentabilidad para la empresa. Y, finalmente, el control de calidad en el servicio postventa es importante para mantener el automóvil en buen estado de funcionamiento y confirmar así la confianza en el producto y en la compañía. Ambos puntos se indican en los folletos editados por Toyota Motor Sales USA.

Todo el personal participa en QC

La gente de todos los niveles de la jerarquía de la organización participa en el control de calidad — desde el presidente de la compañía, los directores y directivos de departamento hasta los obreros y los vendedores —. Incluso toman también parte en las actividades QC todos los proveedores, distribuidores y otras personas relacionadas con la empresa.
Aunque el término “Círculo QC” es muy popular en otros países, habría que reconocer que las actividades del círculo QQ forman simplemente parte del CWQC. Sin ellas y sin la evidente participación de la alta dirección, de los directivos de departamento y de sus staff, los círculos QC perderían gran parte de su efectividad e incluso podrían dejar de existir.

El QC esta totalmente integrado con las demás funciones de la empresa.

Para ser efectivo. el control de calidad debe promoverse junto con la gestión de costes y las técnicas de gestión de la producción, incluyendo la planificación de resultados, asignación de precios, control de producción y de existencias. Cada una de las cuales tiene impacto directo en el control de calidad. Las técnicas de control de costes, por ejemplo, pueden ayudar a identificar los procesos que pueden mejorarse o eliminarse y a medir el efecto de las actividades QC una vez llevadas a cubo. FI precio se determina no sólo por el nivel de calidad del producto, sino también por las expectativas del consumidor sobre la calidad. Y pueden utilizarse varios tipos de

datos del control de producción para medir los índices de defectos, establecer áreas "objetivo" para las actividades del QC y promover en general el control de calidad.

Capítulo 11

Dirección funcional para promover el control de calidad global de la empresa y la gestión de costes.

Como se ha descrito en el Capítulo 1 0, el control de calidad global de la empresa (CWQC) sólo es posible si las actividades del control de calidad y las funciones relacionadas con la calidad se llevan a cabo en todos los departamentos y a todos los niveles de gestión. Más aún, las actividades de cada departamento deben planificarse de modo que se vean reforzadas por los restantes departamentos. Adicionalmente, se beneficiarán de las funciones relacionadas con la calidad en el conjunto de la compañía. La responsabilidad de establecer vínculos de comunicación entre los diversos departamentos de Toyota y de asegurar la cooperación en la puesta en práctica de los programas de control e calidad corresponde a una entidad de la organización conocida como comité funcional. Los comités funcionales no se utilizan como equipos de proyecto o grupos especiales sino, más bien actúan como unidades de toma de decisiones, constituidas formalmente y cuya autoridad se entrecruza con los departamentos de la línea y controlando funciones globales de la empresa. Están constituidos generalmente por directores de departamento de toda la compañía. Cada comité funcional considerará problemas globales tales como gestión de costes, gestión de producción, y seguridad en la calidad, respectivamente. El comité comunica su decisión política y planifica su puesta en práctica en cada departamento. Esta gestión mediante comités funcionales se denomina dirección funcional ("Kinohbetsu Kanri") de Toyota.

En este capítulo examinaremos las relaciones estructurales existentes entre el comité funcional y la organización desarrollada en Toyota de modo más formal, el modo como la política de empresa se lleva a cabo y se administra mediante la gestión funcional y algunas de las ventajas del concepto de gestión funcional. Aunque el sistema Toyota de producción no incluye en sentido estricto la planificación del producto y las fases de diseño, el autor incluye la gestión funcional como una visión de conjunto del sistema. El lector comprobará que los factores principales del aumento de productividad y la disminución de costes y mejora de calidad corresponden al control de calidad y a las actividades de reducción de costes en las fases de desarrollo del producto y en las de proyecto o diseño.

Históricamente, la gestión funcional es el resultado de un largo proceso de prueba y error. La Oficina de Promoción del Control de Calidad de Toyota dio los primeros pasos hacia el control de calidad global de la empresa en 1961, definiendo algunas importantes funciones a desarrollar por la compañía. Cada departamento, a su vez, colaboró para determinar y ordenar el contenido de sus funciones. Mediante la suma, integración y eliminación de esos inputs se fueron definiendo las funciones, clasificadas y seleccionadas a su vez por las dos reglas más necesarias para toda

la empresa: calidad asegurada y gestión de costes. Después se establecieron reglas para definir los tipos de actividades que cada departamento debe llevar a cabo para realizar adecuadamente esas dos funciones.

Asegurar la calidad.

La calidad asegurada, como se define en esta regla, en Toyota, es asegurar que la calidad del producto proporcione satisfacción, fiabilidad y economía para el consumidor., Esta regla perfila las actividades de cada departamento para asegurar la calidad en todas las fases, desde la planificación del producto hasta la venta y el servicio postventa. Más aún, la regla especifica cuándo y qué debe ser asegurado por quién y dónde.–
La regla define el cuándo como ocho fases de aplicabilidad en una serie de actividades de la empresa desde la planificación a las ventas:
Planificación del producto, diseño del producto, preparación de la fabricación, compras, fabricación, inspección, venta y servicio post- venta, y auditoria de la calidad. Los términos por quién y dónde significan el directivo específico y el nombre de su departamento. Qué comprende los artículos a asegurar y las operaciones para ello. El cuadro 11.1. Define las reglas de la calidad asegurada en referencia a las fases de las actividades empresariales aquí definidas y las operaciones primarias de cada departamento.

Gestión de costes.

Toyota utiliza la gestión de costes para desarrollar y ejecutar las diversas actividades orientadas a lograr un objetivo específico de beneficio, evalúa los resultados y toma las acciones apropiadas que sean necesarias. En otros términos, la gestión de costes no se limita simplemente a la reducción de costes sino que comprende las actividades de toda la empresa orientadas al logro de beneficios. Esta regla perfila específicamente las actividades a nivel de cada departamento para mantener la gestión de costes. El conjunto de esta gestión de costes comprende las siguientes cuatro categorías: planificación de costes, planificación de las inversiones de capital, mantenimiento de costes y mejora de costes.

La planificación de costes ha sido considerada como especialmente importante porque la mayoría de los costes se determina durante las fases de desarrollo del producto. Un manual de

planificación de costes asigna las responsabilidades primarias y las tareas en cada fase del desarrollo del producto. Estableciendo un objetivo de costes a perseguir durante todas las fases de desarrollo, promueve las actividades de reducción de costes al tiempo que mantiene unos estándares mínimos de calidad.

El mantenimiento de costes y su mejora .son procesos de la gestión de costes a nivel de fabricación, promovidos por el sistema presupuestario de la empresa y por las actividades de mejora descritas en el Capítulo 9. Cada departamento posee, para llevar a cabo esas funciones, su propio manual presupuestario departamental y su manual de mejora de costes.

El contenido de las actividades de gestión de costes se especifica detalladamente en el manual de asignaciones de las operaciones de la gestión de costes. El Cuadro 11 .2. Resume la regla de gestión de costes en relación con los departamentos correspondientes y las operaciones de gestión de costes.

Relaciones entre departamentos, fases de las actividades empresariales y funciones.

Para promover de modo efectivo una gestión funcional debe ser claramente comprendido cómo cada fase a llevar a cabo por cada departamento contribuye a su función. Como no puede ponerse igual énfasis en todas las operaciones, cada fase debe ser evaluada según su contribución relativa. Así, la columna derecha de los Cuadros II .1 y II .2. describe la contribución relativa de cada función de la gestión, según los símbolos siguientes:

Fases funcionales	Persona responsable	Operaciones primarias Para asegurar la calidad	Contribución
Planificación del producto	Jefe de depto. de ventas	1. previsiones sobre demanda y cuota de mercado	
	Jefe de depto. de planifi-cación del producto	2. obtención de calidad que satisfaga las necesidades de marketing	△
		a) Elaborar y asignar un adecuado objetivo de calidad y un objetivo de costes.	◎
		b) Evitar que aparezca n problemas de calidad importantes.	
Diseño del producto	Jefe del depto. de diseño.	1. diseño de vehículos prototipo	
	Jefe del depto. de diseño de carrocería.	a) Fijar un objetivo de calidad	◎
	Directivos del depto. de ingeniería. Jefe del depto. de diseño del producto.	b) Comprobar y examinar el coche. Rendimiento Seguridad Baja contaminación Economía Fiabilidad	○
		2. Diseño inicial para confirmar las condiciones necesarias para asegurar la calidad	○
Preparación de la fabricación	Directivos del depto. de ingeniería.	1. Preparación de todas las líneas para asegurar la calidad del proyecto	◎
	Jefe del depto. de QA	2. preparación de métodos apropiados de inspección.	○
	Directivos del depto. de inspección.	3. evaluación de los prototipos iniciales	○
	Jefe del depto. de fabricación.	4. desarrollar y evaluar un plan de control inicial y diario de los procesos.	△
		5. preparación de las capacidades de líneas.	◎
Compras	Directivos del depto. de compras.	1. Confirmación de las capacidades cualitativas y cuantitativas de cada proveedor.	△
	Jefe del depto. QA.	2. inspección inicial de las piezas suministradas para la calidad del producto	△
	Directivos del depto. de inspección.	3. apoyo para fortalecer el sistema QA de cada proveedor.	△
Fabricación	Directivos del depto. de fabricación	1. comparar la calidad del producto con los estándares establecidos	○
	Jefe del depto. de control de producción	2. establecer líneas adecuadamente controladas.	○
		3. mantener las capacidades de línea y de mecanización necesaria.	○
Inspección	Jefe del depto. de inspección.	1. inspección inicial de calidad del producto.	○
	Jefe del depto. de calidad asegurada QA.	2. decisión sobre el lanzamiento a la venta del producto.	◎
Venta y servicio post-venta	Jefe del depto. de venta.	1. Prevención de la pérdida de calidad en instalaciones, almacenaje y distribución.	○
	Jefe del depto de explotación.	2. formación y relaciones publicas para un cuidado y mantto. Adecuados.	△
	Jefe del depto. de calidad asegurada (QA)	3. inspección de los nuevos coches.	△
		4. retroalimentación y análisis de la información sobre la calidad.	◎

Cuadro 11.1. - Resumen de la calidad asegurada

◎ Define los factores que tienen influencia crítica en la función.

○ Define los factores con alguna influencia que podrían ser corregidos en fases posteriores.

△ Define los factores con influencia relativamente pequeña.

Tales evaluaciones se han llevado a cabo respecto a todas las funciones. Las relaciones entre departamentos y funciones se resumen en el Cuadro 11.3.

El propósito final del negocio es en Toyota maximizar el beneficio o resultado a largo plazo, pese a las diversas restricciones económicas y del entorno. Este resultado a largo plazo se definirá y expresará como una cifra concreta en la planificación a largo plazo de la empresa. Así pues, cada función debe seleccionarse cuidadosamente y organizarse para colaborar en la obtención de los resultados a largo plazo.

Si el número de funciones fuera demasiado alto, cada una de ellas llegaría a interferir con las restantes haciendo fracasar los intentos de producir un nuevo producto en el plazo y coste efectivos. En definitiva, un exceso defunciones haría peligrar fuertemente la independencia de algunas de ellas hasta el punto de que cada dirección departamental podría tener dificultades para realizar sus funciones.

Por el contrario, si el número de funciones fuera excesivamente reducido, una función tendría relaciones con demasiados departamentos. Gestionar muchos departamentos desde una cierta posición funcional puede ser muy complicado, si no imposible.

Toyota considera la calidad asegurada y la gestión de costes como funciones principales o funciones-fin y las denomina los dos pilares de la gestión funcional. Otras funciones son consideradas como funciones-medios. Así, planificación del producto y diseño del producto se integran en la función de ingeniería; preparación de la fabricación y fabricación, en la función de producción y ventas y adquisiciones en la función comercial.

En consecuencia, en el sistema de gestión_ funcional de Toyota permanecen seis funciones (Cuadro 11.3.). En resumen, cada función para el desarrollo de un nuevo producto, técnica de fabricación y filosofía de marketing no es idéntica a las demás funciones en carácter ni en prioridad.

Organización del sistema de gestión funcional

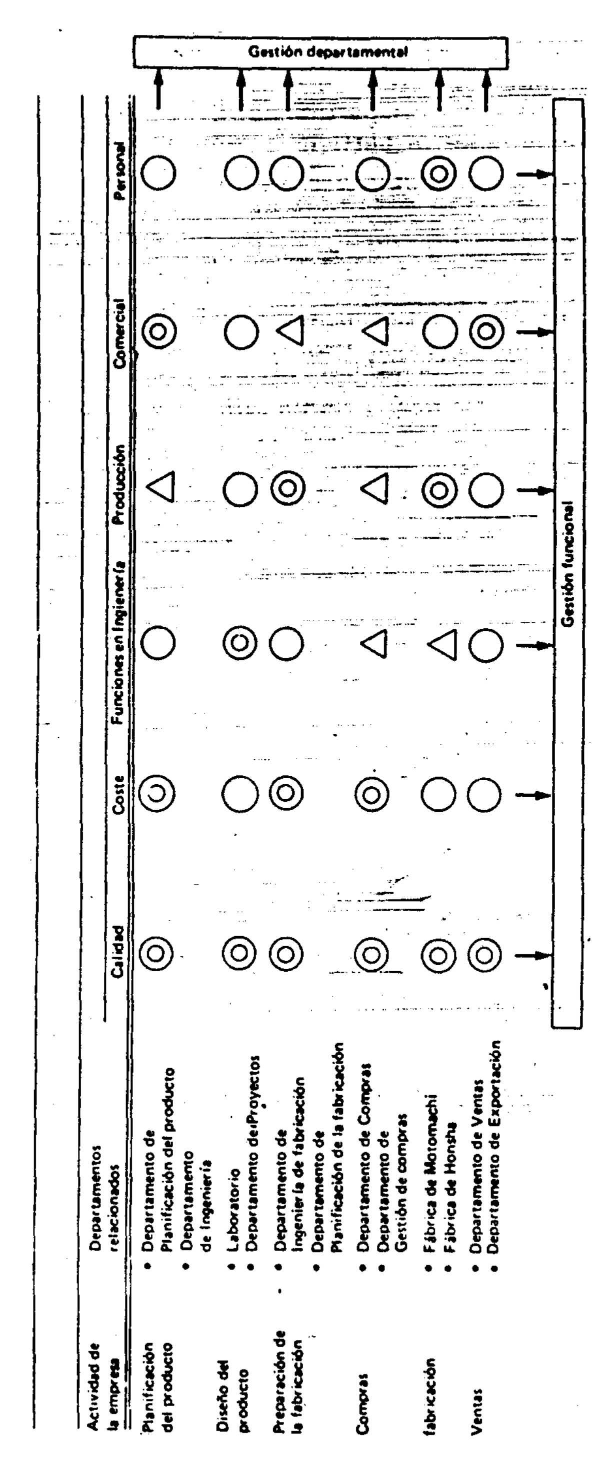
En Toyota, cada director es responsable de un departamento y, corno cada departamento tiene atribuida más de una función, cada director debe participar en múltiples funciones (Cuadro 11.3.). No hay un director único responsable de una única función, sino que cada uno actúa como miembro de un equipo. A la inversa, no todos los directores de departamento participan en todas las funciones, pues esto crearía dificultades al participar demasiados miembros en cada Comité funcional. Por ejemplo, aunque trece departamentos participan en la planificación del producto y en el diseño del producto, sólo uno o dos de sus directores participarán en un Comité funcional QA.

Etapas funcionales	Departamentos relacionados	Operación de gestión de costos	Contribución
Planificación del producto	Planificación global de la empresa (corporate plan). Oficina de planificación del producto Depto. de ingeniería de producción Depto. de contabilidad.	1. Establecer objetivos de costes basados en planificación de nuevos productos y del beneficio y asignar estos objetivos de costes a los diversos factores de costes.	◎
		2. establecer cifras objetivos de inversión.	◎
		3. asignar los diversos deptos. de proyectos de piezas individuales (planificación de costes)	○
		4. asignar los objetivos cuantitativos de inversión a los diversos planes de inversión departamental (supuesto de capital).	○
Diseño del producto	Oficina de planificación del producto Departamentos de ingeniería	1. Estimación de costes basada en el prototipo diseño	◎
		2. evaluar la posibilidad de conseguir los objetivos de coste.	◎
		3. dar los pasos necesarios para minimizar las desviaciones entre los objetivos de coste estimados mediante ingeniería del Valor (VE)	○
Preparación de la fabricación	Oficina de la planificación del producto. Deptos. de ingeniería. Deptos. de ingeniería de fabricación. Deptos. de control de producción.	1. Establecer estimaciones de costes teniendo en cuenta la preparación de la línea y los planes de inversión.	◎
		2. evaluar la posibilidad de conseguir los objetivos de costes.	◎
		3. desarrollar acciones para minimizar las desviaciones.	◎
		4. evaluar los planes de inversión en instalaciones.	○
		5. evaluar los planes de producción, las condiciones y decisiones para la fabricación o la compra de piezas.	○
Compras	Deptos. de compra.	1. Evaluar los planes de aprovisionamiento y las condiciones de compra.	○
		2. establecer el control de precios de proveedor (comparación entre el objetivo de reducción y la cuantía real de la reducción y análisis de valuaciones y toma de medidas apropiadas)	○
		3. investigar la mejora de coste de proveedor (aplicar análisis de valor) (VA) y establecer soportes para promover actividades de mejora de los costes de proveedor.	◎
Inspección de la producción	Deptos. relacionados Deptos. de contabilidad	1. Instigar el manntto. De costes y su mejora, mediante:	○
		a) Presupuesto de costos fijos (deptos. de fabricación y gestión).	
		b) Mejora de costes en los proyectos primarios (clasificados por tipos de vehiculo y factores de coste).	○
		c) Concienciación del personal sobre los aumentos de costes mediante sistemas de sugerencias, seminarios de presentación de casos, recompensas o programas de incentivos.	◎
Ventas y servicios Post-Venta	Deptos. relacionados Deptos. de contabilidad	1. Medida de los costes reales de los nuevos productos mediante evaluación global.	○
		2. participar en análisis y discusiones sobre la comprobación de operaciones, comité funcional de gestión de costes. Comités de costes y otros comités.	○

Fig. 11.2. - Resumen del, gestión de Costes

Como se ha expuesto anteriormente, el Comité funcional es la única unidad formalmente organizada para la gestión funcional. Cada Comité funcional es una unidad, formalmente constituida, para la toma de decisiones, encargada de planificar, Comprobar y decidir las acciones correctivas requeridas para conseguir un objetivo funcional. Cada departamento individual se comporta como una unidad de línea para llevar a cabo las acciones decididas por el Comité funcional.

La Fig. II .4. Detalla el esquema global de la organización de la alta dirección de Toyota. Cada departamento es dirigido por un director de gestión o director común, mientras cada Comité funcional consta de todos los directores, incluyendo seis directores ejecutivos.



Cuadro 11.3. - Resumen de varias direcciones funcionales

Como cada director ejecutivo es responsable de la integración de las acciones de varios departamentos, participará como presidente en sus Comités funcionales, que mantienen relaciones estrechas con los departamentos integrados en ellos. Incluso un vicepresidente puede

en caso necesario participar en un Comité funcional, cuyo número de miembros es generalmente en torno a diez.

Los Comités funcionales de calidad asegurada y de gestión de costes se celebran por lo común una vez al mes, lo que también sucede con otros Comités funcionales. Un Comité funcional, por lo demás, no será convocado sin un orden del día relevante.

Los Comités funcionales se sitúan por debajo del Comité de gestión que se compone de todos los directores gerentes y el auditor jefe. El Comité de gestión es una organización ejecutiva que da la aprobación final a lo decidido por el Comité funcional. Pero en tanto que no haya objeciones especiales en el Comité de gestión, las decisiones tomadas por el Comité funcional serán consideradas como decisiones de la empresa.

Los Comités departamentales mostrados en la Fig. 11.4. Proporcionan a cada departamento un vehículo para discutir la puesta en práctica de las decisiones adoptadas por el Comité funcional. Adviértase que el Comité departamental no aparece como una subestructura del Comité funcional. Como sucede con los Comités funcionales, los planes para la puesta en práctica generados en los Comités departamentales están sujetos a revisión y aprobación por el Comité de gestión.

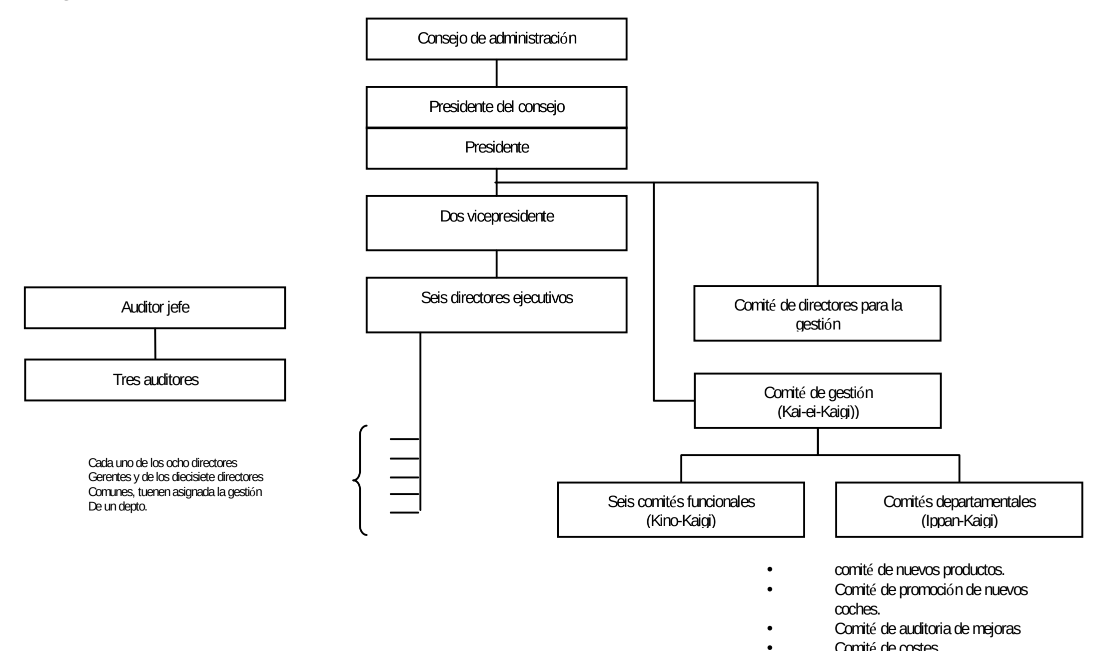


Fig. 11.4. - Esquema de conjunto de la organización de la dirección de Toyota (en1981)

Surge ocasionalmente un problema cuando hay que conseguir una cierta calidad característica en un corto período de tiempo y no puede resolverse sólo por el Comité funcional Las horas-hombre y los costes deben por fuerza aumentarse para mejorar la calidad. Al propio tiempo, un Comité funcional conjunto se organiza para combinar las funciones de calidad y de producción. Por otra parte, para enfrentarse a las nuevas restricciones legales relativas a la seguridad y a la contaminación, la mayoría de las funciones, como .QA, costes, ingeniería y producción, deben considerar dichas restricciones de modo conjunto. En este caso, se forma un Comité funcional ampliado para considerar el problema. Adviértase que estos casos no son entidades permanentes de la organización.

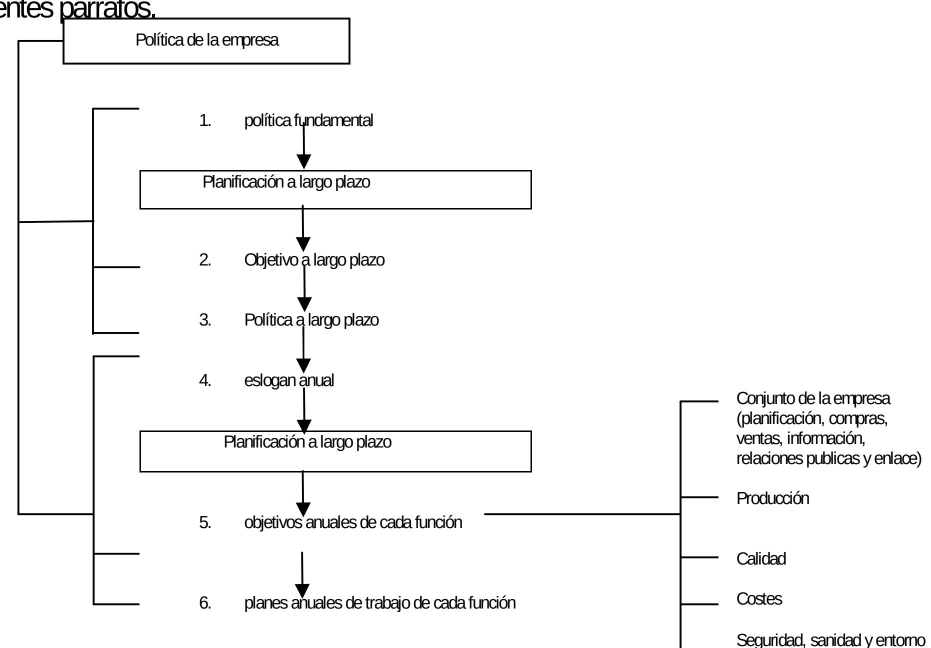
Otro ejemplo de este tipo ha sido el Comité funcional de gestión de costes. Inmediatamente después de la crisis del petróleo de 1973, la rentabilidad de Toyota Corolla mostró un marcado descenso, debido al incremento de costes por causa de los precios de petróleo. En esa época, el director de fábrica de Corol!a preparó las siguientes propuestas para el Comité funcional de costes:

1. Promoción de un movimiento global de reducción de costes de la empresa en el Corolla.
2. Organización de un Comité de reducción de Costes del Corolla, presidido por el director de fábrica.
3. Como subestructuras de este Comité, organizar los siguientes Comités sectoriales:
    a. producción y montaje
    b. proyecto e ingeniería
    c. compras.
4. Establecimiento de una reducción de costes de 10.000 yens (unos 40 $) por automóvil.
5. Objetivo a conseguir en seis meses.

Mediante un esfuerzo concertado de todos los departamentos basado en las decisiones del Comité funcional de gestión de costes, el resultado real del plan fue un 1 28 O/o de cumplimiento del objetivo al finalizar los seis meses (1 975).

Política de empresa y gestión funcional

A partir de la introducción del concepto de CWQC se ha desarrollado y publicado una política de empresa que se aplica a nivel operativo e incluye cada una de las funciones anteriormente aludidas. Los seis elementos de la política de empresa se indican en la Fig. 11 .5. Y se definen en los siguientes párrafos.



11.5. - Seis elementos de la politice de empresa en Toyota

1.- **Política fundamental**, constituida por los principios éticos del negocio o de orientación básica de la empresa. Una vez establecida no cambiará durante muchos años. He aquí un ejemplo:

“Toyota aspira a desarrollarse mundialmente aprovechando todas las fuerzas interiores y exteriores ala compañía”. La expresión es abstracta pero representa una filosofía de empresa mantenida por la alta dirección. La política fundamental constituye la guía de la planificación a largo plazo.

2.- **Objetivos a largo plazo** son los que deben alcanzarse en cinco años como resultado de la planificación a largo plazo. Estos objetivos se concretan en cifras que expresan la calidad de producción, la calidad de las ventas, la cuota de mercado y ROI, etc.

3.- **Política a largo plazo** es la estrategia utilizada para conseguir los objetivos a largo plazo y se expresa de modo más detallado que la política fundamental, refiriéndose a aspectos diversos relativos al conjunto de la empresa. Por ejemplo: "Para gestionar científicamente el conjunto de la empresa, han de elaborar- se políticas, objetivos y planes para cada departamento y debe definirse claramente un punto de control".

4.- **El slogan anual** es un medio por el que Toyota enfatiza sus políticas anuales. Consta de dos tipos de lemas, el primero de los cuales permanece todos los años, como, "Asegurar la calidad en cada Toyota" y el segundo subraya la política del año en cuestión. Por ejemplo, el eslogan para 1974, justo tras la crisis del petróleo, fue "Compre Toyota para una nueva era". También "Es hora de utilizar eficazmente los recursos escasos". El propósito de estos eslóganes es fomentar una sana actitud mental en todo el personal.

5.- Aceptando los objetivos a largo plazo antes descritos, **los objetivos anuales de cada función** a conseguir en el presente año deben expresarse en cifras específicas, establecidas para cada función. Cada Comité funcional, a su vez, decide el modo de conseguir estos objetivos, que comprenden para cada función los siguientes aspectos:

a. Conjunto de la empresa: RO!, cantidad de producción, y cuota de mercado.
b. Producción: Índice de reducción de personal respecto al año anterior.
c. Calidad: Índice de reducción de problemas en el mercado.
d. Costes: Importe total de costes a reducir, cuantía de la inversión en planta y equipos y tasas marginales de automóviles desarrollados preferentemente.
e. Seguridad, sanidad y entorno: Número de cierres por vacaciones, etc., en la empresa y sus fábricas.

6.- Una vez establecidos para cada función objetivos anuales han de determinarse, por el Comité funcional adecuado, planes anuales de trabajo para cada función. La puesta en práctica de estos planes de trabajo será responsabilidad de los Comités de departamento.

La clasificación de las funciones expresada en la Fig. 11.5 es diferente de la que muestra el Cuadro .11.3., porque la política (le empresa debe comprender todos los aspectos importantes a conseguir en el año corriente. La función comercial del Cuadro 11.3.se incorpora al conjunto de las funciones de la empresa que muestra la figura 11.5.que incluye también información y relaciones públicas. Además, aunque la seguridad, sanidad y entorno no se muestran como

funciones en el Cuadro 11 .3., por no existir para ellas un Comité funcional, se incluyen en el Comité funcional de producción de seguridad y el entorno, mientras que sanidad se incluye tanto en las funciones de producción como de personal.

Extensión de la política de empresa

El anuncio formal de la política de empresa de Toyota se realiza por el Presidente en su felicitación de Año Nuevo a los empleados. Los planes detallados de cada función se enviarán a cada departamento por la oficina del Comité funcional. Las políticas de departamento 'y sus planes se formulan por los Comités departamentales.

Tras la puesta en práctica de estos planes, los resultados se evaluarán durante el medio año y a fines del ejercicio corriente, de modo que la información sobre esta evaluación podrá utilizarse para formular las políticas del año próximo. Las comprobaciones y evaluaciones se llevan a cabo a tres niveles de organización: operaciones de comprobación de aspectos seleccionados, por la alta dirección; comprobaciones funcionales por cada Presidente de Comité funcional; y evaluaciones de departamento por cada gerente o director de Comité departamental. La Fig. 11 .6. Muestra la planificación de la organización y el sistema de control utilizado en Toyota.

Consideraciones críticas sobre la gestión funcional.

Para conseguir un programa de gestión funcional con éxito, ha de prestarse atención especial a cuatro consideraciones críticas:

1. La selección de las ¡unciones importantes deberá realizarse poniendo especial cuidado en un adecuado equilibrio de la participación departamental. Demasiados departamentos en un Comité llevan a la confusión y a dificultades en la gestión del Comité. Pocos departamentos miembros crean la necesidad de numerosas funciones individuales, lo que conlleva un exceso de responsabilidades creando otra vez confusión y problemas de gestión.
2. La gestión funcional no debería considerarse un sistema informal. La posición y orientación de los Comités funcionales en el esquema de la alta dirección deben ser

claramente definidas. debiendo recibir el Comité la autoridad necesaria para poner en practica sus decisiones corno política de empresa.

3. Cada departamento de línea debe poseer una estructura ejecutiva suficiente como para poner en marcha los planes dispuestos por los comités funcionales.

4. El director encargado de cada función es también responsable tic un departamento concreto. Si embargo. no debe considerar la función solo desde el punto de vista de dicho departamento. sino más bien formularla y dirigirla para el conjunto de la empresa.

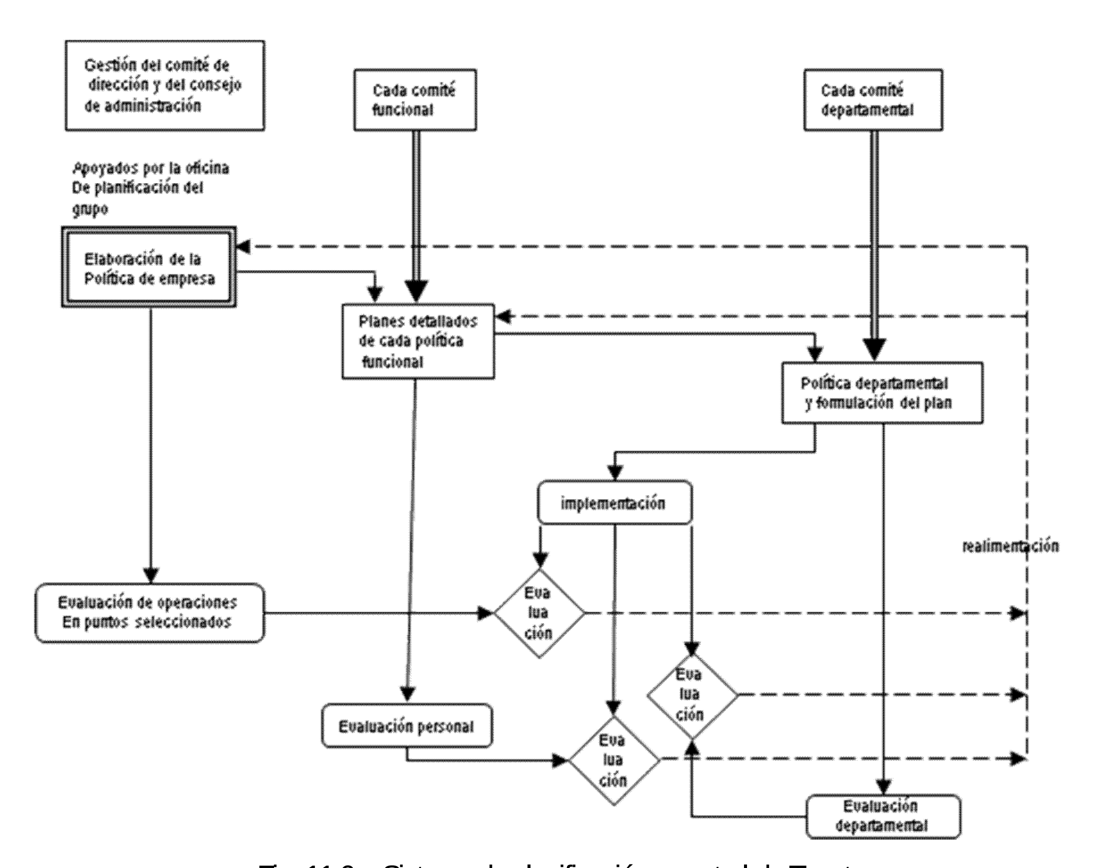


Fig. 11.6. - Sistema de planificación y control de Toyota

Ventajas de la gestión funcional

La gestión funcional, tal como se ha implementado en Toyota, ofrece ciertas ventajas que no se encuentran en otros sistemas de gestión. Por ejemplo:

— Tanto las políticas como su puesta en práctica se establecen de modo decisivo y rápido. Esto es así porque el Comité funcional es una unidad de toma de decisiones con responsabilidades y

autoridad directamente recibidas de la alta dirección. Además, la comunicación a los departamentos de la línea ejecutiva se verifica rápidamente, puesto que los miembros del Comité funcional son también directores responsables de los citados departamentos.

— **Nemawashi** resulta innecesario en Toyota. El significado original de Nemawashi viene de los preparativos para el transplante de un árbol grande, en que uno debe excavar alrededor de las raíces y arrancar las raíces grandes recogiendo alrededor las raicillas para asegurar en la nueva posición. - - -

— Aplicado a la empresa, Nemawashi se refiere a la persuasión de las personas individuales, así como de los ejecutivos de la gestión, para conseguir la aceptación conjunta de alguna propuesta en un Comité formal de decisión. En Toyota, el Comité funcional mismo sustituye a la negociación Nemawashi.

— El Comité funcional sirve para mejorar notablemente las comunicaciones y las relaciones humanas entre diversos departamentos, porque todos ellos participan en él conjuntamente para el logro de un objetivo común.

— Las comunicaciones entre los empleados subordinados y el Comité funcional resultan fáciles de conseguir, porque aquí no es necesario el Nemawashi. Los empleados necesitan únicamente transmitir sus sugerencias e ideas a su jefe de departamento para que se discutan en el Comité funcional.

Anexo 1

Determinación del Número de Kanban correspondiente a los Sistemas de Transporte Alternativos.

El sistema Kanban de Toyota es un sistema de arrastre: un sistema de transporte en el cual un proceso de fabricación retira las piezas de un proceso anterior, y entonces el proceso anterior comienza a producir tantas unidades como se hayan retirado. En cierto sentido, el proceso subsiguiente pide las piezas necesarias del proceso precedente, en la cantidad necesaria y en el momento oportuno. Como consecuencia el sistema Kanban se puede examinar desde el punto de vista de los sistemas de control de inventario.

Existen dos tipos de sistemas de control de inventario: **el sistema de cantidad de pedido constante, y el sistema de ciclo de pedido constante**. En el sistema de cantidad de pedido constante, se pedirá una cantidad fija predeterminada cuando el nivel de existencias baje del punto de pedido (que es el consumo previsto durante el plazo de fabricación). Aunque la cantidad de pedido es fija, en cambio el período de pedido es irregular. Sin embargo dentro del sistema de ciclo de pedido constante, el período de pedido es fijo y la cantidad pedida depende del consumo desde que se cursó la orden anterior, y de las previsiones durante el plazo de fabricación. Esta previsión tiene lugar después de haber cursado l orden, pero antes de recibirla.

En el sistema Kanban, la cantidad total de cada pieza que se almacena finalmente en el proceso subsiguiente y el número de Kanban suministrado al proceso anterior en cada punto de retirada en el tiempo, vienen determinados por estos dos tipos de modelos de inventario. En Toyota dos clases de sistemas de arrastre corresponden a estos dos sistemas de inventario diferentes: **el sistema de cantidad constante y ciclo no-constante, y el sistema de ciclo constante, cantidad no-constante.**

Aunque existen semejanzas básicas entre el sistema Kanban los sistemas de control de inventario, sin embargo se manifiestan numerosas diferencias importantes. Por ejemplo, cuando se utiliza Kanban no hay necesidad de examinar constantemente la cantidad de existencias; sin embargo esto es necesario en el sistema de cantidad de pedido constante. En el sistema de ciclo de pedido constante, es necesario examinar la cantidad de existencias cada vez que se cursa una orden. Al mismo tiempo. es preciso restar esta cantidad de la cantidad estándar. Con Kanban, lo que hay que pedir es el número de Kanban de transportes retirados en el proceso subsiguiente a partir del pedido anterior. Los cálculos de existencias resultan muy sencillos con los sistemas Kanban

Teniendo esto en cuenta, el Kanban se puede definir como un medio de información para despachar la cantidad correcta del elemento necesario en el momento oportuno. Los sistemas de control de existencias estándar no tienen los medios para transmitir esa información, aunque el contenido de esa información esté dado por la propia lógica. El sistema Kanban es un sistema de información completo para controlar las existencias.

El sistema Kanban es un subsistema indispensable del sistema total de producción de Toyota. Para instituir el sistema Kanban, es necesario que los planteamientos generales de los sistemas de producción incluyan la programación de una secuencia continua de productos en la línea final de montaje, el diseño de la distribución en planta de las máquinas, la estandarización de operaciones y la reducción del tiempo de preparación, etc. Asimismo, tal como se explicó en el Capítulo 2, el sistema Kanban es un medio muy potente para mejorar cada proceso de producción.

Sistema de transporte de cantidad constante, ciclo no constante.

En Toyota, los procesos empleados en la planta de Toyota Motor Corp. utilizan normalmente el sistema de transporte de cantidad constante, mientras que el Kanban de proveedor utiliza exclusivamente el sistema de transporte de ciclo constante. Esto se debe a la distancia geográfica. Por ejemplo, dentro de la planta de Toyota el plazo de fabricación es relativamente corto debido a la corta distancia entre procesos y a estar los procesos muy mejorados. Sin embargo, el plazo de aprovisionamiento total para los productos de un proveedor, es relativamente largo debido a la mayor distancia desde el proveedor, que da lugar a un tiempo de transporte superior. El sistema Kanban tiene cierta semejanza con el sistema de dos cajas, que es un tipo de sistema de existencias de cantidad de pedido constante, aunque no es un derivado de este tipo de sistema.

En el sistema de existencias de cantidad de pedido constante se utilizan las fórmulas siguientes:

La cantidad de pedido correspondiente a cada orden o tamaño de lote (Q), se determina mediante el modelo EOQ en la forma siguiente:

(A-l) $$Q = \sqrt{\frac{2AR}{ic}}$$ (Se omiten las notaciones)

El punto de reposición de pedido, que es el nivel de cantidad que provoca automáticamente una nueva orden o pedido, viene determinado por:

(B-l) Punto de reposición de pedido

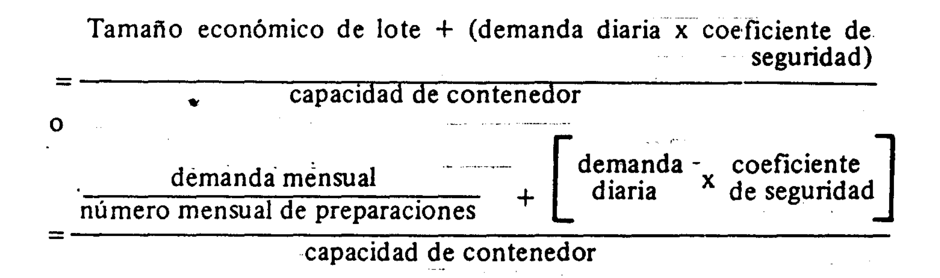
= consumo medio durante el plazo de producción + stock de seguridad − órdenes cursadas y pendientes de recibir,

siendo el consumo medio mediante el plazo de producción = consumo medio por día x plazo de producción.
En esta fórmula el plazo de pr6ducción es simplemente el plazo de tiempo entre cursar una orden y recibir el suministro. Asimismo el último término de (B-l) generalmente es cero.

Número de Kanban en el sistema de transporte de cantidad constante

En Toyota el sistema de cantidad constante no emplea el modelo EOQ para determinar el tamaño de lote. Para reducir el plazo de producción, es necesario reducir al mínimo el tamaño del lote y hay que aumentar los tiempos de preparación por día. Sin embargo, existe una limitación a la reducción de lote: el plazo de tiempo necesario para la preparación a máquina en marcha (mm) (Capítulo 6). Aunque el plazo de preparación a máquina parada (mp), en toyota se ha reducido a menos de 10 minutos, en cambio la preparación m.m. todavía requiere de media a una hora. Sin este plazo de tiempo mínimo. no se puede pasar al lote siguiente. Como consecuencia, el tamaño de lote o número de preparaciones por día en Toyota. tendrá que venir determinado por las limitaciones del plazo de tiempo de preparación mm. Es necesario hacer algún esfuerzo para reducir el tiempo de preparación mm. Por ejemplo, utilizar una grúa para colocar la matriz sobre la mesa de la prensa, consume mucho tiempo y por lo tanto es necesario idear algún método para poder suprimir la grúa.
De esta manera aunque el tamaño de lote en Toyota difiere entre las distintas plantas, prevalecen considerablemente los lotes correspondientes al consumo de 2 ó 2,5 turnos. Supongamos que la línea de carrocería monta 400 unidades por turno de un tipo de carrocería en particular. Entonces el tamaño de lote de 2,5 turnos utilizado para esta carrocería significa 1000 unidades (2,5 x 400). Si los golpes por hora de la prensa son 500, será necesario que trabaje durante 2 horas para este tamaño de lote y a continuación, deberá efectuarse la preparación. Dado que en Toyota el tamaño de lote se determina tal como aquí se indica, no sufre frecuentes cambios. Sin embargo sí se cambia con frecuencia el punto de pedido de reposición, porque el consumo medio diario cambia debido a las fluctuaciones de temporada.
Hay tres aplicaciones del sistema de transporte de cantidad constante de Toyota. En aquellos casos en que el tamaño de lote es bastante grande, o no se ha mejorado suficientemente la acción de preparación, se aplica la fórmula siguiente:

(A-2) Número total de Kankan



$$= \frac{\text{Tamaño económico de lote} + (\text{demanda diaria} \times \text{coeficiente de seguridad})}{\text{capacidad de contenedor}}$$

o

$$= \frac{\dfrac{\text{demanda mensual}}{\text{número mensual de preparaciones}} + \left[\text{demanda diaria} \times \text{coeficiente de seguridad}\right]}{\text{capacidad de contenedor}}$$

En este caso, la señal Kanban se utiliza en los procesos de fundición inyectada, prensa de troquelado y forja. La posición de un Kanban triangular se calcula entonces por la fórmula:

(B-2) Posición del Kanban triangular

$$= \frac{\text{demanda media diaria} \times \text{plazo de fabricación} \times (1 + \text{coeficiente seguridad})}{\text{capacidad de contenedor}}$$

Algunas compañías del grupo Toyota utilizan también la fórmula siguiente:

(B-3) Posición del Kanban triangular

$$= \left(\left(\frac{\text{demanda media diaria}}{\text{Capacidad del contenedor}} \right) \right) + 1$$

Donde el $[[\ \ ]]$ significa el número entero mínimo no inferior a la cifra situada en él.

Cuando se mejoran los métodos de preparación y la distancia entre los procesos subsiguientes y precedentes es corta, entonces la “cantidad constante” será equivalente a un palet o a una carga., que corresponde a una ficha de Kanban. Cuando el proceso subsiguiente extrae una caja de piezas (cantidad fija), entonces el proceso anterior ha de recoger la caja vacía y comenzar a producir inmediatamente el número de piezas que caben en esta caja. Sin embargo, el proceso anterior no puede saber cada período de extracción. Un ejemplo de este caso es el del “escarabajo” explicado en el Capítulo 2.

En esos casos, las existencias máximas necesarias son iguales al punto de reposición de pedido. Por lo tanto, el número total de Kanban que ha de corresponderse con las existencias mínimas, es:

(A-3) Número total de Kanban

$$= \frac{\text{demanda media diaria x plazo de fabricación x (1 + coeficiente de seguridad)}}{\text{Capacidad de contenedor}}$$

Siendo el plazo de fabricación tiempo de procesado + tiempo de espera + tiempo de transporte + tiempo de recogida del Kanban.

La condición ideal para la producción "Just-in-time" es que cada proceso pueda producir solamente una pieza, transportarlas de una en una y tener también solamente una pieza en stock tanto entre el equipo como en proceso. Esto se conoce como producción y transporte unitario. Se trata de un sistema de sincronización o de producción total en línea de transporte, que conecta todos los procesos exteriores e interiores con unas líneas de transporte invisibles.

Supongamos que en la ecuación (A-3):

el coeficiente de seguridad	= 0
el tiempo de espera	= 0
el tiempo de recogida Kanban	= 0
y la capacidad del contenedor	= 1

Entonces el sistema Kanban que conecta los dos procesos, es simplemente una línea de transporte. En ese caso no hay necesidad de utilizar Kanban entre dos procesos adyacentes. Si hay procesos diversos conectados muy estrechamente entre sí, entonces estos procesos diversos utilizan en común una ficha de Kanban. Este es el caso del Kanban túnel, que es semejante al billete utilizado entre dos ferrocarriles adyacentes.

Sistema de transporte de ciclo constante, cantidad no constante.

En el sistema de ciclo de pedido constante para control de existencias, se utiliza la fórmula siguiente para calcular la cantidad necesaria para el período de ciclo de pedido más el plazo de fabricación. Esta cantidad necesaria se llama cantidad estándar.

(C-1)

Cantidad estándar = demanda diaria x (ciclo de pedido + plazo de fabricación) +

Siendo el ciclo de pedido el intervalo de tiempo entre una fecha de pedido y la próxima fecha de pedido, y siendo el plazo de producción simplemente el intervalo de tiempo entre cursar una orden y recibir el suministro. El ciclo de pedido más plazo de fabricación, se denomina a menudo el plazo de reposición.

Teóricamente el ciclo de pedido viene determinado por la fórmula:

$$\text{ciclo de pedido} = \frac{\text{tamaño de lote economico para la demanda prevista}}{\text{demanda media diaria}}$$

Sin embargo, el ciclo de pedido viene a menudo determinado por exigencias exteriores tales como escalonamientos en el programa de producción mensual, o un contrato entre el proveedor y el fabricante principal.

A continuación se mide la cantidad de pedido en este sistema mediante la fórmula: -

(D-1) Cantidad de pedido

= (Cantidad estándar menos existencias físicas)
- (pedidos cursados pero pendientes de recibir),

donde el último término (pedidos cursados pero pendientes de recibir), a veces es igual a cero.

Número de Kanban en el sistema de transporte de ciclo constante

En el caso del sistema Kanban de Toyota que utilice la versión de arrastre de ciclo constante, se utiliza la fórmula siguiente para calcular el número total de Kanban:

(C-2) Número total de Kankan

$$= \frac{\text{Demanda media diaria x (ciclo de pedido + plazo de producción + periodo de seguridad}}{\text{Capacidad de contenedor}}$$

siendo el plazo de producción = tiempo de proceso + tiempo de espera
+ tiempo de transporte
+ tiempo de recogida de Kanban

Al analizar esta fórmula, es importante tener en cuenta lo siguiente:

— **El ciclo de pedido es el intervalo** (medido en días) entre dar la instrucción de la orden de producción a la línea y dar la instrucción de la orden de producción siguiente. También se llama un ciclo Kanban.

— **El tiempo de proceso** es el intervalo de tiempo (días) entre cursar una orden de producción y terminar su producción. Este intervalo de tiempo corresponde al número de Kanban de la obra en curso que se mantiene o procesa en la línea.

— **El tiempo de recogida Kanban** es el intervalo de tiempo (días) entre recoger los Kanban del buzón, que se separaron en el proceso subsiguiente, y cursar la orden de producción al proceso anterior. Esto equivale al número total de Kanban que se mantienen en (1) el buzón de extracción Kanban, (2) el buzón de recepción Kanban, y (3) el buzón de órdenes de producción Kanban, en la Fig. 2.9. del Capítulo 2.

— **El período de existencias de seguridad** corresponde a las existencias que se mantienen en el almacén. Estas existencias sirven para responder a productos defectuosos y problemas de máquinas. Para determinar el nivel de existencias de seguridad, hay que estimar respectivamente las probabilidades de que se produzca cada uno de los factores de problemas.

A continuación se determina la cantidad de pedido según este sistema Kanban, aplicando la fórmula siguiente:

(D-2) Cantidad de pedido
= (número de Kanbans separados en el período regular de recogida de Kanban desde la recogida anterior) x capacidad de contenedor.

Por lo tanto, no hay necesidad de calcular la cantidad de pedido utilizando la fórmula (D-l). Con este tipo de sistema Kanban, la cantidad de pedido viene especificada automáticamente por el número de Kanban separados en el período regular de recogida de Kanban desde la recogida anterior.

La razón que da validez a la ecuación (D-2) es debida a la relación siguiente:

(D-3) (Numero de kambans Separados en el periodo Regular desde la recogida Anterior lamban) + (numero de kanban que se mantienen todavía en el proceso anterior)

= (Numero total De kanbans) - (Numero existente de kanbans unidos a las existencias fisicas en el almecen sub-guiente al final del periodos)

Esta relación es equivalente a la fórmula (D-l).

Cambio del ciclo de la ruta estándar de operaciones el lugar del número de kanban.

Incluso si se calcula el número total de cada Kanban mediante ordenador, aplicando cada una de las fórmulas correspondientes descritas anteriormente, este número calculado no debe aplicarse automáticamente sin llevar a cabo las mejoras recomendadas por el supervisor. Dicho de otra manera, los factores que figuran en el lado derecho de cada fórmula no deben considerarse como condiciones constantes y dadas. Durante la fase de puesta en práctica para aplicar el número calculado de Kanban, se delega la autoridad definitiva para cambiar el número de Kanban al supervisor de cada taller.

Las variaciones que determinan el número total de Kanban en cualquier fórmula es la siguiente:

1. Demanda media diaria
2. Plazo de fabricación
3. Coeficiente de seguridad o existencias de seguridad
4. Capacidad de contenedor

En primer lugar se determina la demanda diaria por la cantidad nivelada por día, calculada a partir de la demanda mensual. Cuando ha cambiado la demanda mensual, habrá cambiado también el número total de Kanban por día. Sin embargo en las plantas de Toyota, es más importante cambiar el plazo de fabricación y se hace más a menudo que revisar el número total de Kanban. Se trata de una idea singular si se compara con los sistemas de existencias ordinarios. Toyota reconoce que un incremento de nivel de existencias no solamente es el peor de los fenómenos de nivel de existencias no solamente es el peor de los fenómenos entre los distintos derroches, sino que es también el origen último de toda clase de derroches, Por este motivo, se mantiene bastante constante el número de cada Kanban en Toyota. Cuando aumenta la demanda media diaria, debe reducirse el plazo de fabricación. Esto significa que el ciclo de fabricación de una ruta estándar de operaciones (Capítulo 7) se puede reducir modificando la asignación de operarios en la línea. Supongamos que la demanda media diaria correspondiente al mes siguiente sea el doble de la demanda del mes actual. Entonces de acuerdo con las fórmulas (A-2) y (A-3), el número de Kanban se duplicará, a igualdad de condiciones restantes. Sin embargo en Toyota se divide por la mitad el ciclo de fabricación y se duplica la rotación (velocidad de circulación) de Kanban, con la consecuencia de que el número total de Kanbans permanece invariable. Este enfoque difícilmente puede adoptarse en el sistema de transporte de ciclo constante, a menos que se modifique el ciclo de transporte regular.

Dentro del enfoque de Toyota, si un taller es incapaz de una mejora suficiente, necesitará horas extras o parar la línea, porque el número de Kanban es fijo. Como consecuencia del sistema Kanban puede visualizar rápidamente el problema. Estos problemas pedirán acción de mejora inmediata. Sin embargo, un taller incapaz podría aumentar las existencias de seguridad o el número total de Kanban para adaptarse al incremento de demanda. Por este motivo, el tamaño de las existencias de seguridad constituye un indicador de la capacidad de mejora del taller.

En el caso de una disminución de demanda, aumentará el ciclo de fabricación de la ruta estándar de operaciones. Ahora bien, es necesario evitar el probable tiempo ocioso de los obreros, reduciendo el número de obreros de la línea (Capítulo 8). Es más, con el fin de reducir el nivel de existencias, también se debe reducir al mínimo la capacidad de contenedores. Dado que esto es

un tamaño de lote mínimo, deberá ser determinado considerando la capacidad de proceso de cada estación para acercarse a un sistema de producción y transporte de una sola pieza.
Con el fin de darse cuenta de la naturaleza de actualización de los Kanban, es importante entender los ficheros maestros de Kanban en la planta de Toyota. Cuando el supervisor de cada proceso realiza alguna mejora que modifique los datos y factores en la fase de puesta en práctica, entonces se introducirán los nuevos datos en el fichero maestro para efectuar el ajuste cada mes.

La influencia del supervisor sobre el número total de Kanban.

El número real de Kanban de cada proceso dentro de las factorías de Toyota no viene determinado automáticamente por la fórmula específica. El supervisor influye en el número de Kanban en el sistema. De hecho, a cada supervisor se le dan instrucciones muy específicas. "Puede usted tener cuantos Kanban desee. Debe usted reducir el número de Kanban (es decir, nivel de existencias), ficha por ficha hasta bajar a su límite mínimo posible, según vaya usted siendo capaz de mejorar su proceso".
La meta de este sistema es que cuando el proceso subsiguiente extraiga sus piezas, el nivel de existencias en el almacén de productos del proceso anterior sería cero, y se haría inmediatamente la reposición siguiente. Esta meta resulta algo difícil de conseguir.
Cuando se encuentra que el número presente de Kanban no es adecuado y causa problemas en el taller, entonces debe modificarse (aumentarse) inmediatamente el número de Kanban. En cierto sentido se trata de un método de tanteo, pero este enfoque resulta muy práctico y muy útil para motivar al supervisor y a los operarios para que reduzcan el número de Kanban y mejoren su proceso.
Al reducir el número de Kanban, el tamaño de las existencias de seguridad o el coeficiente de seguridad influye en cierto modo en la actitud del operario. Si el nivel de las existencias de seguridad es demasiado bajo, entonces se considerará como demasiado estrecho o demasiado riguroso, y los operarios perderán su motivación por alcanzar este nivel. Por el contrario, si el nivel de seguridad es demasiado alto, se aceptará como demasiado laxo o indulgente, y el operario también perderá su motivación. Por lo tanto, lo ajustado del número de Kanbans resulta muy importante para la motivación de los operarios. El nivel que sea algo apretado pero alcanzable, será el mejor nivel para lograr unas buenas prestaciones.

Sistema de ciclo de transporte constante para el Kanban de proveedor.

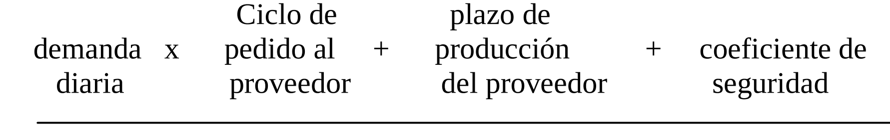
Dado que las empresas colaboradoras están situadas a cierta distancia del fabricante principal, el plazo total de fabricación incluido tiempo de transporte resulta relativamente largo, y por ese motivo un sistema de transporte de cantidad constante podría dar Jugar a una falta de piezas. Como consecuencia, para el Kanban de proveedor se utiliza únicamente el sistema de ciclo constante de transporte de cantidad no-constante.

Además, el fabricante principal está retirando una gran variedad de piezas de diferentes proveedores al mismo tiempo. Si el fabricante aplicara el sistema de transporte de cantidad constante a estos proveedores, entonces variaría el período de pedido para cada proveedor y por lo tanto no resultaría factible obtener pequeñas cantidades de piezas con gran frecuencia, de proveedores diversos y lejanos. Como consecuencia, los subcontratistas han utilizado dentro del sistema de ciclo de transporte constante el sistema de turno rotativo de carga mixta que se explicó en el Capítulo 2. Puede recoger las. diversas piezas pedidas a los distintos proveedores en cada ciclo regular en el tiempo.

El fabricante principal calcula por ordenador de forma definitiva el número total de cada Kanban de proveedor. Además, el número de Kanbans a suministrar al proveedor durante cada ciclo regular, sigue sujeto a la situación de producción del fabricante principal.

Volviendo ahora a la fórmula (C-I) del sistema de ciclo de pedido constante, el número total de cada Kanban de proveedor se calculará con la fórmula siguiente:

(C-3) Número total de Kankan



$$= \frac{\text{demanda diaria} \times \text{Ciclo de pedido al proveedor} + \text{plazo de producción del proveedor} + \text{coeficiente de seguridad}}{\text{capacidad de contenedor}}$$

El ciclo de pedido (ciclo Kanban) para el proveedor, es el intervalo de tiempo (medido en días) entre cursar al proveedor un pedido y cursar el pedido siguiente. Dicho de otra manera, el ciclo de pedido corresponde al número de horas establecido por el fabricante principal, para llevar al proveedor el Kanban de proveedor. El ciclo de pedido está calculado aplicando la fórmula siguiente:

(C-3-l) Ciclo de pedida al proveedor

$$= \left[\left[\frac{\text{Numero de dias consumido en un transporte}}{\text{Frecuencia de transparencia por dia}} \right] \right]$$

donde $[[\ ]]$ significa el número entero mínimo no inferior a la cifra precisa que contiene. Por lo tanto, aunque un tiempo de transporte sea solamente de dos horas, se deberá contar como un día.

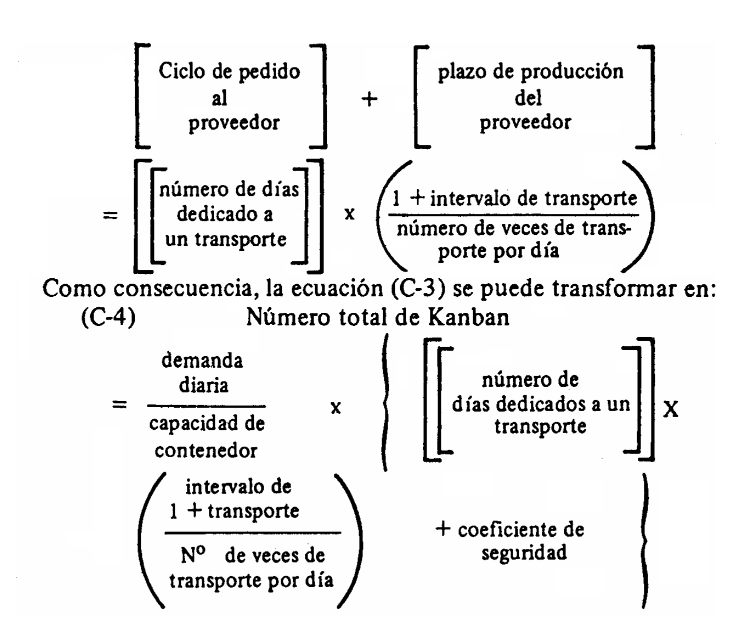
El plazo de producción del proveedor es el intervalo de tiempo entre cursar el pedido de producción por parte del proveedor a su línea y completar su producción. Este intervalo de tiempo se mide con la fórmula siguiente:

(C-3-2) Plazo de producción del proveedor
= ciclo de pedido al proveedor x intervalo de transporte

donde el intervalo de transporte se puede entender mediante el ejemplo siguiente. Supongamos que hay varios transportes Kanban por día desde el fabricante principal al proveedor. Entonces ¿cuántos transportes Kanban necesitará el proveedor para ser capaz de suministrar la cantidad pedida al fabricante principal una vez que el fabricante haya cursado el pedido en cuestión en un determinado momento en el tiempo? Este número de veces de transporte Kanban es el intervalo de transporte de la fórmula. Se basa esencialmente en el tiempo de procesado del proveedor.

El ciclo de pedido y el intervalo de transporte se suelen escribir en el kanban del proveedor, tal como la descripción de “1.6.2.”, en la parte interior de un Kanban de proveedor tal como se explicó en el Capítulo 2, Fig. 2.4. Significa que este Kanban ha de suministrarse seis veces por día, y que las extracciones reales de piezas han de efectuarse dos periodos después que el

Kanban llegue a un determinado punto en un tiempo de extracción. Por lo tanto, utilizando las ecuaciones (C-3-1) y (C-3-2), se pueden deducir las relaciones siguientes:



$$\left[\begin{array}{c}\text{Ciclo de pedido}\\ \text{al}\\ \text{proveedor}\end{array}\right] + \left[\begin{array}{c}\text{plazo de producción}\\ \text{del}\\ \text{proveedor}\end{array}\right]$$

$$= \left[\left[\begin{array}{c}\text{número de días}\\ \text{dedicado a}\\ \text{un transporte}\end{array}\right]\right] \text{x} \left(\frac{1 + \text{intervalo de transporte}}{\text{número de veces de transporte por día}}\right)$$

Como consecuencia, la ecuación (C-3) se puede transformar en:

(C-4) Número total de Kanban

$$= \frac{\text{demanda diaria}}{\text{capacidad de contenedor}} \text{ x } \left\{ \left[\left[\begin{array}{c}\text{número de}\\ \text{días dedicados a un}\\ \text{transporte}\end{array}\right]\right] \text{X} \left(\frac{\text{intervalo de } 1 + \text{transporte}}{\text{N}^{o} \text{ de veces de transporte por día}}\right) + \text{coeficiente de seguridad} \right\}$$

donde el coeficiente de seguridad o nivel de existencias de seguridad depende de la capacidad que tenga el proveedor de superar las siguientes perturbaciones:

1. Dado que el Kanban de proveedor se entrega en el sistema de ciclo de transporte constante, es necesario modificar la cantidad retirada, cada vez que se efectúa una extracción. Por ejemplo, el fabricante-cliente (Toyota), puede tomar 5 paletas de piezas, en un punto determinado en el tiempo, pero puede retirar 7 paletas en otro punto en el tiempo. Sin embargo, si la cantidad retirada cada vez se nivela a causa de la producción nivelada del cliente- fabricante, entonces el sistema de ciclo constante es casi el mismo que el sistema de cantidad constante.

2. Incluso si se establece la media de la producción diaria existe la posibilidad de que la cantidad de producción mensual real basada en los despachos diarios reales de Toyota por medio de Kanban, pueda desviarse respecto al plan de producción mensual previo del cliente-fabricante. La diferencia suele ser de ± lO%. Esto significa también que la demanda real diaria podrá desviar- se respecto a la cantidad diaria media planificada en un ±.lO%.

3. La variación en el número de Kanban llevados al proveedor pueden ser debida, a veces, a un error del conductor por haber olvidado alguno de los Kanban. Ahora bien, esto puede evitarse mediante la atención del conductor.

4. Pueden producirse averías de máquina..

5. Pueden producirse accidentes de tráfico en carretera hacia el cliente. Esta probabilidad puede aumentar en proporción a la longitud del período de transporte o al valor de la ecuación (C-3-3).

La capacidad que tenga el proveedor de superar las perturbaciones anteriores, puede resumirse por la capacidad de los operarios para adaptarse a los incrementos de demanda, por la capacidad del taller de reducir el plazo de producción, modificando el tiempo de ciclo, y por la capacidad del equipo de mantenimiento.

Veamos un ejemplo numérico para la fórmula (C-4):

Supongamos:

el número de días dedicado a un transporte = 1 día

el número de veces de transporte por día = 6 veces

el intervalo de transporte = 2 unidades de tiempo después del transporte original del Kanban

la demanda media diaria = 100 unidades

la capacidad de contenedor = 5 unidades, y

el coeficiente de seguridad 0,2

Entonces

el número total de Kankan

$$= \frac{100}{5} \times \left\{ \left[1 \times \left(\frac{1+2}{6} \right) \right] + 0.2 \right\}$$

$$= 20 \times (0.5 + 0.2) = 14$$

Por último, la cantidad a retirar que debe hacerse periódicamente viene determinada por el número de Kanban separados desde el transporte anterior. Es decir, que las ecuaciones (D-2) y (D-3) explicadas anteriormente también pueden utilizarse para el Kanban de proveedor.

Anexo 2

Método de Secuencias para la Línea de Montaje de Combinación de Modelos para lograr una Producción Nivelada.

El procedimiento utilizado para diseñar una línea de montaje de modelos mixtos entraña los pasos siguientes:

1. Determinación del ciclo de fabricación. -.
2. Cálculo del número mínimo de procesos
3. Preparación de un diagrama de las relaciones integradas de precedencia entre tareas elementales
4. Equilibrado de la línea
5. Determinación del programa de secuencias para introducir diversos productos en la línea.
6. Determinación de la longitud de la gama de operaciones de cada proceso.

En el Anexo 2 se trata del paso quinto: El problema de secuenciar varios modelos de coches en la línea.

Objetivos de control de la línea de montaje

La secuencia de introducir modelos en la línea de montaje de modelos mixtos es distinta, debido a las diferentes metas o propósitos de control de la línea. Existen dos objetivos:

1. Nivelar la carga (tiempo total de montaje) en cada proceso dentro de la línea.
2. Mantener una velocidad constate a emplear en cada pieza en la línea.

Objetivo 1°

Con respecto al objetivo 10 es importante tener en cuenta que un producto puede tener un tiempo de operación más largo que el ciclo predeterminado. Esto se debe al hecho de que el equilibrado en una línea de modelos mixtos se hace con la condición de que el tiempo de operación de cada proceso, que se ponderó para cada conjunto de modelos mixtos, no debe ser superior al tiempo de un ciclo. Esta condición (limitación) se describirá mediante la forma siguiente:

Q_i = cantidad de producción planificada para producto A_i ($i=1\ldots$)

T_{il} = tiempo de operación por unidad de producto A_i en el proceso l

$$C = \text{tiempo del ciclo} = \frac{\text{tiempo total de trabajo al día}}{\sum_{i=1}^{\alpha} Q_i}$$

Como consecuencia, si se introducen sucesivamente en la línea productos con unos tiempos de operación relativamente más largos, entonces esos productos causarán un retraso en la terminación del producto, y pueden dar lugar a la parada de la línea. Por lo tanto se puede desarrollar un programa heurístico para el problema de la secuencia en la mezcla de modelos en la línea de montaje, con el fin de reducir el nesgo de parada del transportador (ver por ejemplo Okamura y Yamashita (1979)).

El Anexo 2 se basa en la presentación por Mr. Shigenori Kotani (staff del Departamento de Control de Producción de Toyota Motor Corporation), en la conferencia de la Sociedad de Investigación de Operaciones del Japón, el 25 de Marzo de 1982 y su resumen (págs. 171.172) en el prólogo a esta conferencia. Este anexo está basado también en posteriores discusiones con Mr. Masuyama, Mr. Terada y Mr. Kotani, de Toyota Motor Corporation. Los ejemplos numéricos, que aquí figuran con excepción de la Fig. A2.5., han sido hechos por el autor.
Aunque en el programa de secuencias de Toyota también se ha tenido en cuenta este primer objetivo, se le incorpora en el algoritmo de solución que tiene en cuenta principalmente el segundo objetivo. Como consecuencia, Toyota considera sumamente importante el segundo objetivo del programa de secuencias: mantener una velocidad constante para cada pieza.

Objetivo 2° y el modelo de secuencias

• En el sistema Kanban utilizado en Toyota, se le presta la máxima atención a los procesos precedentes que suministran a la línea las diferentes piezas o materiales. Con este sistema de arrastre es necesario reducir al mínimo las variaciones en las cantidades de producción o los tiempos de transporte en los procesos precedentes. Igualmente hay que reducir al mínimo sus respectivas existencias en obra en curso. Para hacerlo, hay que mantener lo más constante posible la cantidad utilizada por hora (es decir, velocidad de consumo) de cada pieza en la línea de modelos mixtos. El método de secuencias de Toyota ha sido diseñado para alcanzar esta segunda meta. Para entender este método de secuencias, es importante definir varias notaciones y valores:

Q = Cantidad total de producción de todos los productos A_i (i=1 . . . a)

$= \sum_{i=1}^{\alpha} Q_i$, ($Q_i$ = cantidad de producción para cada producto A_i)

Nj = Cantidad total necesaria de la pieza ai a consumir para producir todos los productos A_i (i = 1, . a, ; j = 1, . . . β)

X_{jk} = cantidad total necesario de la pieza a_j que haya de utilizarse para producir los productos de una determinada secuencia, desde el primero al de orden K.

Teniendo en cuenta estas notaciones, se pueden desarrollar los dos valores siguientes:

Nj / Q = Cantidad media de la pieza a_j por unidad de un producto

$\frac{N.Kj}{Q}$ = Cantidad media necesaria de la pieza a_j para producir K unidades de producto.

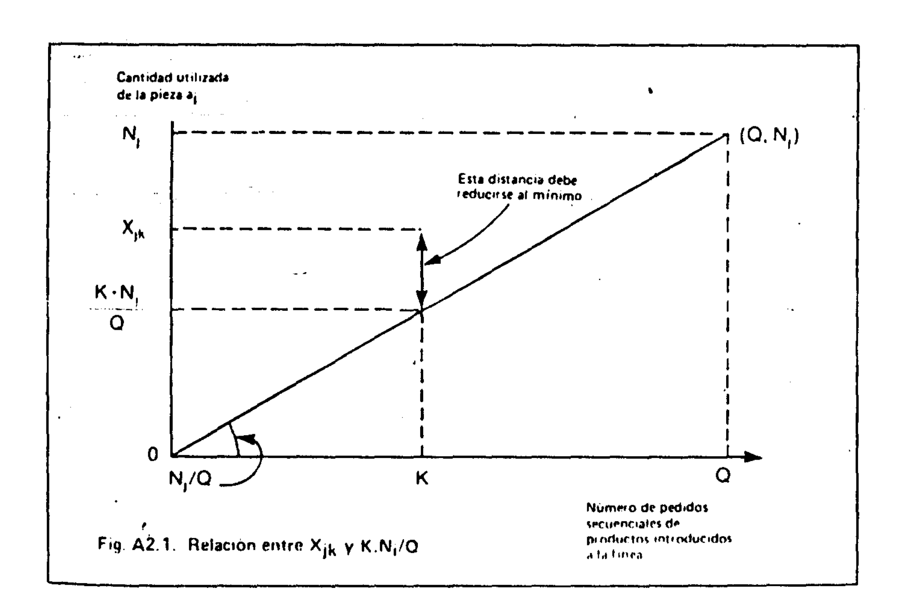


Fig. A2.1. Relación entre X_{jk} y $K.N_j/Q$

Con el fin de mantener constante la velocidad de consumo de la pieza aj. es necesario que la cantidad de Xjk se aproxime lo más posible al valor de $\frac{N.Kj}{Q}$ Este es el concepto básico para el algoritmo secuencial de Toyota, y está representado en la figura A2.I.

Puede definirse ahora además que:

En el punto $G_k = (K \cdot N_1 / Q, \; K \cdot N_2 / Q, \; \ldots \; K \cdot N_\beta / Q)$.

En el punto $P_k = (X_{1k}, \; X_{2k}, \; \ldots \; X_{\beta k})$.

Con el fin de que en un programa de secuencias asegure la velocidad constante de consumo de cada parte, el punto Pk debe estar lo más próximo posible al punto Gk. Por lo tanto, si se mide el grado de acercamiento entre el punto Pk y el punto Gk, utilizando la distancia Dk:

$$D_k = \left\| G_k - P_k \right\| = \sqrt{\sum_{j=1}^{\beta} \left(\frac{K \cdot N_j}{Q} - X_{jk} \right)^2}$$

Entonces habrá que reducir al mínimo la distancia Dk. El algoritmo que Toyota ha desarrollado basándose en esta idea se llama el "método de persecución de objetivos" (Fig. A2.2.).

Método de persecución de objetivos: un ejemplo numérico

Para entender completamente el método de persecución de objetivos de Toyota, lo mejor es revisar un ejemplo. Supongamos las cantidades de producción Q_i (i=l .2,3) de cada producto A_1, A_2, y A_3, y la cantidad requerida (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3. 4) de cada una de las piezas a1 . a. a3 y a4 para producir estos productos que serán los del CuadroA2.l.

Productos A_i	A_1	A_2	A_3
Producción planificada cantidad Q_i	2	3	5

Piezas a_j / Productos A_i	a_1	a_2	a_3	a_4
A_1	1	0	1	1
A_2	1	1	0	1
A_3	0	1	1	0

Cuadro A2. 1 Cantidad de producción Qi y condición de las piezas b_{ij}.

Fig. A2.2. Método de Persecución de Objetivos I

Observar:

b_{ij} = Cantidad necesaria de la pieza a_j ($j=1...\beta$) para producir una unidad del producto A_i ($i=1,...\alpha$).

Las demás anotaciones ya se han definido

Entonces,

Fase 1 = Hacer $K=1$, $X_{j,k-1}=0$, ($i=1,....\beta$), $S_{k-1} = \{1,2..\alpha\}$

Fase 2 = Situar como Kesimo pedido de la serie secuencial aquel producto Ai que produzca el mínimo de la distancia Dk. La distancia mínima se hallará con la fórmula siguiente

$D_{ki^*} = \min \{D_{ki}\}, i \in S_{k-1}$,

siendo $D_{ki} = \sqrt{\sum_{j=1}^{\beta} \left(\frac{K \cdot N_j}{Q} - X_{j,k-1} - b_{ij} \right)^2}$

Fase 3 = Si se pidieron totas las unidades del producto A_i y se incluyeron en el programa de secuencias, entonces hacer $S_k = S_{k-1} = -\{i^*\}$
Si algunas unidades del producto A_j siguen todavía pendientes de pedido, entonces se hará $S_k = S_{k-1}$

Fase 4 = Si $S_k = \phi$ (conjunto vacío), entonces termina el algoritmo
Si $S_k \neq 0$, entonces debe calcularse $X_{jk} = X_{j,k-1} + b_{i^*j}$ ($j=1,...,\beta$) volviendo a la Fase 2, haciendo $K = K + 1$

Por lo tanto, la cantidad total necesaria (Nj) de la pieza aj (J=1, 2, 3, 4) para producir todos los productos Ai (i=1, 2, 3), podrá calcular- se en la forma siguiente:

$[N_j] = [Q_i] [b_{ij}]$

$$= [2, 3, 5] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5, 8, 7, 5 \end{bmatrix}$$

Además, la cantidad de producción total de todos los productos A1 (i=1, 2,3) será:

$$\sum_{i=1}^{3} Q_i = 2 + 3 + 5 = 10$$

Por lo tanto,

$$[\, N_j / Q \,] = [5/10,\ 8/10,\ 7/10,\ 5/10$$

$$(J = 1, 2, 3,)$$

Después, aplicando los valores de [Nj/Q] y [b_{ij}] a la fórmula de la fase 2 del algoritmo anterior, si K = 1, entonces se puede calcular la distancia D_{ki} en la forma siguiente:

Para i =1l, $D_{1,1}$ =

$$\sqrt{\left(\frac{1\times5}{10} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1\times8}{10} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1\times7}{10} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1\times5}{10} - 0 - 1\right)^2}$$

= 1.11.

para i = 2, $D_{1,2}$ =

$$\sqrt{\left(\frac{1\times5}{10} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1\times8}{10} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1\times7}{10} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1\times5}{10} - 0 - 1\right)^2}$$

= 1.01.

para i = 3, $D_{1,3}$ =

$$\sqrt{\left(\frac{1\times5}{10} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1\times8}{10} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1\times7}{10} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1\times5}{10} - 0 - 0\right)^2}$$

= 0.79.

Por lo tanto $D_{1,i*}$ = min {1.11, 1.01, 0.79} = 0.79

Por lo tanto i* = 3

Por lo tanto el primer pedido en el programa secuencial es el producto A_3.

Pasando a la Fase 4 del algoritmo,

$$X_{jk} = X_{j,k-1} + b_{3,j} :$$

$$X_{1,1} = 0 + 0 = 0 \qquad X_{3,1} = 0 + 1 = 1$$

$$X_{2,1} = 0 + 1 = 1 \qquad X_{4,1} = 0 + 0 = 0$$

De esta manera se ha descrito la primera línea en la Fig. A2.3., basándose en los cálculos anteriores.

K	D_{k1}	D_{k2}	D_{k3}	Fig. A2.3. Programa de Secuencias	X_{1k}	X_{2k}	X_{3k}	X_{4k}
1	1.11	1.01	0.79*	A_3	0	1	1	0
2	0.85	0.57*	1.59	$A_3\ A_2$	1	2	1	1
3	0.82*	1.44	0.93	$A_3\ A_2\ A_1$	2	2	2	2
4	1.87	1.64	0.28*	$A_3\ A_2\ A_1\ A_3$	2	3	3	2
5	1.32	0.87*	0.87	$A_3\ A_2\ A_1\ A_3\ A_2$	3	4	3	3
6	1.64	1.87	0.28*	$A_3\ A_2\ A_1\ A_3\ A_2\ A_3$	3	5	4	3
7	0.93	1.21	0.82*	$A_3\ A_2\ A_1\ A_3\ A_2\ A_3\ A_3$	3	6	5	3
8	0.57*	0.85	1.59	$A_3\ A_2\ A_1\ A_3\ A_2\ A_3\ A_3\ A_1$	4	6	6	4
9	1.56	0.77*	1.01	$A_3\ A_2\ A_1\ A_3\ A_2\ A_3\ A_3\ A_1\ A_2$	5	7	6	5
10	—	—	0*	$A_3\ A_2\ A_1\ A_3\ A_2\ A_3\ A_3\ A_1\ A_2\ A_3$	5	8	7	5

* Indica distancia mínima D_{ki}

A continuación, cuando K = 2, entonces

Para i = 1, $D_{2,1}$ =

$$\sqrt{\left(\frac{2\times5}{10}-0-1\right)^2+\left(\frac{2\times8}{10}-1-0\right)^2+\left(\frac{2\times7}{10}-1-1\right)^2+\left(\frac{2\times5}{10}-0-1\right)^2}$$

$= 0.85.$

para $i = 2$, $D_{2,2} =$

$$\sqrt{\left(\frac{2\times5}{10}-0-1\right)^2+\left(\frac{2\times8}{10}-1-1\right)^2+\left(\frac{2\times7}{10}-1-0\right)^2+\left(\frac{2\times5}{10}-0-1\right)^2}$$

$= 0.57.$

para $i = 3$, $D_{2,3} =$

$$\sqrt{\left(\frac{2\times5}{10}-0-0\right)^2+\left(\frac{2\times8}{10}-1-1\right)^2+\left(\frac{2\times7}{10}-1-1\right)^2+\left(\frac{2\times5}{10}-0-0\right)^2}$$

$= 1.59.$

$$\text{Por lo tanto } D_{2.i^*} = \min\{0.85, 0.57, 1.59\} = 0{,}57$$

Por lo tanto $i^* = 2$

Por lo tanto el segundo pedido en el programa de secuencias es el producto A_2. También X_{jk} se calculará en la forma siguiente:

$$X_{jk} = X_{j,k-1} + b_{2,j}:$$
$$X_{1,2} = 0 + 1 = 1$$
$$X_{2,2} = 1 + 1 = 2$$
$$X_{3,2} = 1 + 0 = 1$$
$$X_{4,2} = 0 + 1 = 1$$

Este procedimiento es el que se utilizó para desarrollar la segunda línea de la Fig. A2.3. Las líneas restantes de la Fig. A2.3. también se pueden trazar siguiendo los mismos procedimientos. Como consecuencia, el programa secuencial completo de este ejemplo será:

$A_3, A_2, A_1, A_3, A_2, A_3, A_3, A_1, A_2, A_3$

Evaluación del método de persecución de objetivos

En el ejemplo anterior, los valores correspondientes a $K.N_j/Q$ y X_{jk} correspondientes a cada pieza aj están representadas en forma de gráficos en la Fig. A2.4. La figura muestra que todas las piezas a_1, a_2, a_3 y a_4 están alcanzando optimalidad. (1)

Para continuar evaluando este algoritmo, se calcularon la media y desviación típica de los valores:

$$\left| \frac{K.N_j}{Q} . X_{jk} \right| \text{ para cada pieza } a_j$$

Se encontraron los resultados siguientes:

1. Incluso reduciendo el número de referencias de piezas, apenas cambiada la media y la desviación típica.

2. Si se incrementaba el número de modelos del producto, entonces disminuían tanto el valor de la media y de la desviación típica; dicho de otra manera, el grado de nivelación de la producción iba mejorando cada vez más.

Otro enfoque general para comprobar la utilidad del algoritmo heurístico se puede expresar por el procedimiento siguiente. Supongamos que la cantidad total de producción Q (= ∑ Qi) es grande

(1). El significado de "optimalidad" en esta sección es el siguiente:

Supongamos $\left[\left[K.N_j/A\right]\right]$, denota al número entero más próximo a $K.N_j/Q$.

Entonces si $X_{jk} = \left[\left[K.N_j/Q\right]\right]$ es válido para la pieza aj, entonces la optimalidad se consigue en esta pieza. La Fig. A2.4. muestra que todas las piezas alcanzan optimalidad en este sentido.

(1000 unidades, etc.). A continuación la secuencia determinada por este algoritmo se puede dividir en 16 gamas iguales, correspondiendo cada gama aproximadamente a una hora de producción. Se calculará la cantidad de cada pieza contenida en cada gama, y también se calculará su desviación típica. La distribución real de estos valores muestra que las variaciones (σ) por hora son bastante pequeñas (Fig. A2.5.).

El enfoqué Toyota: un algoritmo simplificado

Para reducir el tiempo de cálculo, se puede desarrollar un algoritmo simplificado, conocido como método de persecución de objetivos II-(Fig. A2.6.). Este algoritmo simplificado ha resultado de la

Fase 2 del método de persecución de objetivos 1 (Fig. A2.2.) y se basa en la siguiente proposición: -

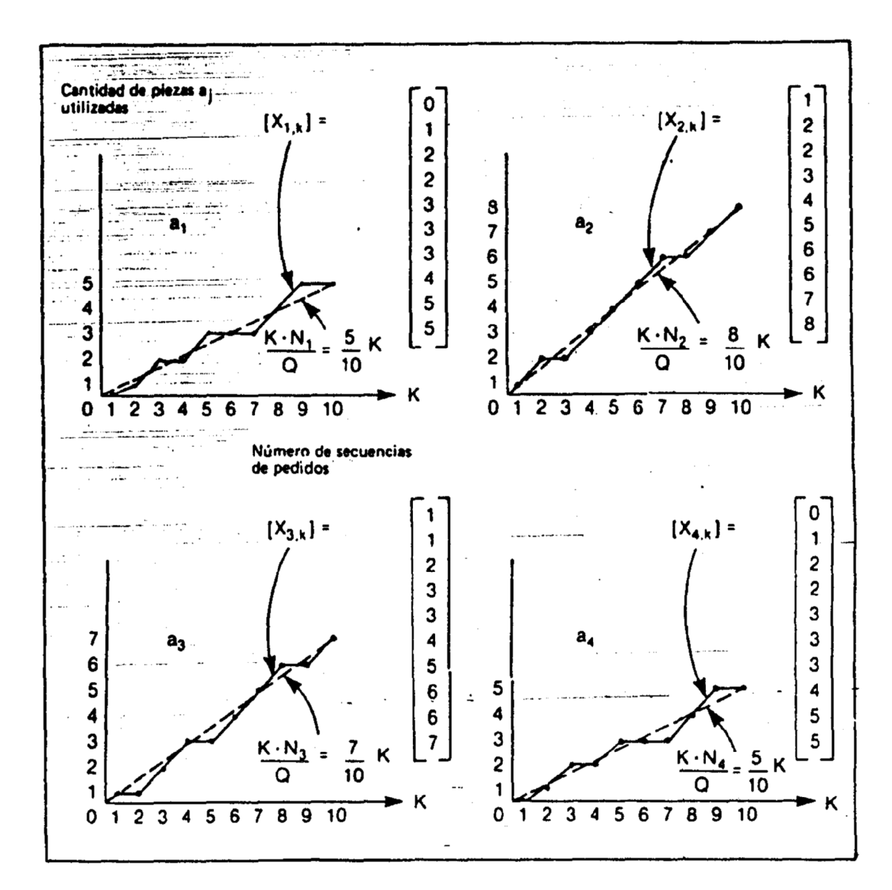


Fig. A2.4. Como X_{jk} se acerca a $K.N_j/Q$

Tipo de ejes delanteros \ Gama	1	2	3	4	5	6	7	b	9	10	11	12	13	14	15	16	$\bar{x}$	δ
a_1	9	7	7	9	8	7	8	8	8	8	7	8	9	7	7	8	7.8	.73
a_2	6	5	7	6	5	6	7	5	7	6	5	7	6	6	5	6	5.9	.75
a_3	5	6	5	5	6	6	4	6	4	6	6	5	4	6	5	6	5.3	.77
a_4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2.8	.33
a_5	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	1	3	2	2	2	2.1	.48
a_6	1	1	1	1	1	2	1	1	2	0	2	1	1	1	1	1	1.1	.48

Fig. A2.5. Distribución de cada tipo de eje delantero utilizado.

Entre un producto A_b y el otro producto A, si $D_{k,b} \leq D_{kc}$, entonces, la relación:

$$\sum_{j_b \in B_b} \left(\frac{K \cdot N_{jb}}{Q} - X_{jb,K-1} \right) \geq \sum_{j_c \in B_c} \left(\frac{K \cdot N_{jc}}{Q} - X_{jc,K-1} \right)$$

Fig. A2.5. Distribución de Cada Tipo de Ee Delantero Utilizado

se mantendrá y viceversa, y siendo Bb un conjunto de piezas constituido por aib, para el producto Ab. Esta relación de equivalencia puede ser válida con la condición de que el número de referencias de piezas utilizadas para cada producto debe ser el mismo entre los diferentes productos y que la cantidad necesaria de cada pieza utilizada para una unidad de cada producto, debe ser la misma entre productos diferentes. (2)

Fig. A2.6. Método de Persecución de Objetivos II

$$E_{ki} = \max \quad E_{ki} \quad , i \quad S_{k-1}$$

$$\text{siendo } E_{ki} = \sum_{j_i \in B_i} \left(\frac{K \cdot N_{ji}}{Q} - X_{ji,k-1} \right)$$

(B_i es un conjunto de piezas a_{ji} para el Producto A_i)

Aplicaciones del algoritmo simplificado. El objetivo del algoritmo simplificado es mantener una velocidad constante en la utilización de cada pieza en la línea de montaje de modelos mixtos. Sin embargo también se ha considerado otro objetivo evitar los procedimientos de los productos que tengan una mayor carga de tiempo de montaje. En general, la clase de producto que tenga una carga mayor, es diferente cuando se considera un proceso directo para el producto en cuestión. El equilibrado de líneas de Toyota está diseñado de tal manera que aquel modelo de coche que tenga el tiempo de montaje más largo, tenga siempre recorridos más largos en cada uno de los procesos de la línea. Para evitar introducir sucesivamente el mismo producto que exija un tiempo de operación más largo, se clasifican todos los automóviles de la línea según su tiempo total de montaje grande (a_1), medio (a_m) o pequeño (a_s). Cada aj (j=1, m, s en esta situación) deberá introducirse en la línea para mantener constante la velocidad de la línea. Esta meta se puede conseguir utilizando el mismo algoritmo simplificado para mantener constante de velocidad para utilizar cada pieza aj en la línea.

Entonces $D^2_{k,c} - D^2_{k,b}$

$$= \sum_{j_c \in B_c - B_b} \left\{ \left(\frac{K \cdot N_{jc}}{Q} - X_{jc,k-1} - W \right)^2 - \left(\frac{K \cdot N_{jc}}{Q} - X_{jc,k-1} \right)^2 \right\}$$

$$+ \sum_{j_b \in B_b - B_c} \left\{ \left(\frac{K \cdot N_{jb}}{Q} - X_{jb,k-1} \right)^2 - \left(\frac{K \cdot N_{jb}}{Q} - X_{jb,k-1} - W \right)^2 \right\}$$

$$= - W \sum_{j_c \in B_c - B_b} \left(2 \frac{K \cdot N_{jc}}{Q} - 2X_{jc,k-1} - W \right)$$

$$+ W \sum_{j_b \in B_b - B_c} \left(2 \frac{K \cdot N_{jb}}{Q} - 2X_{jb,k-1} - W \right)$$

$$= - 2W \sum_{j_c \in B_c - B_b} \left(\frac{K \cdot N_{jc}}{Q} - X_{jc,k-1} \right) + 2W \sum_{j_b \in B_b - B_c} \left(\frac{K \cdot N_{jb}}{Q} - X_{jb,k-1} \right)$$

(porque debido a la hipótesis /Hc –Bb/ = /Bb – Bc/

$$= - 2W \sum_{j_c \in B_c - B_b} \left(\frac{K \cdot N_{jc}}{Q} - X_{jc,k-1} \right) + 2W \sum_{j_b \in B_b - B_c} \left(\frac{K \cdot N_{jb}}{Q} - X_{jb,k-1} \right)$$

$$+ 2W \sum_{S \in B_c \cap B_b} \left\{ \left(\frac{K \cdot N_s}{Q} - X_{s,k-1} \right) - \left(\frac{K \cdot N_s}{Q} - X_{s,k-1} \right) \right\}$$

$$= 2W \left\{ \sum_{j_b \in B_b - B_c} \left(\frac{K \cdot N_{jb}}{Q} - X_{jb,k-1} \right) + \sum_{S \in B_c \cap B_b} \left(\frac{K \cdot N_s}{Q} - X_{s,k-1} \right) \right\}$$

$$- 2W \left\{ \sum_{j_c \in B_c - B_b} \left(\frac{K \cdot N_{jc}}{Q} - X_{jc,k-1} \right) + \sum_{S \in B_c \cap B_b} \left(\frac{K \cdot N_s}{Q} - X_{s,k-1} \right) \right\}$$

$$= 2W \left\{ \sum_{j_b \in B_b} \left(\frac{K \cdot N_{jb}}{Q} - X_{jb,k-1} \right) - \sum_{J_c \in B_c} \left(\frac{K \cdot N_{jc}}{Q} - X_{jc,k-1} \right) \right\}$$

Así se ha demostrado la relación de equivalencia.

(2). El proceso para probar esta proposición es el siguiente:
Nota:

W = cantidad necesaria de cada elemento de pieza para una unidad de producto.

Es difícil aplicar el método de Persecución de Objetivos ya que el número de piezas distintas que se emplean en un automóvil es aproximadamente de 20.000. Por este motivo, las piezas están representadas únicamente por sus correspondientes subconjuntos, teniendo muchas salidas

cada subconjunto, por ejemplo, una marca de coche deberá tener los siguientes datos de producción:

— Cantidad de producción planificada aprox. 500
(= número de órdenes secuenciales)
— Número de tipos de coches: aprox. 180
(por lo tanto, cada tipo tiene aproximadamente tres unidades)
— Número de subconjuntos = aprox. 20

Los números de los subconjuntos principales son los siguientes:

1. tipos de carrocería
2. motores
3. transmisiones
4. grados (serie)
5. bastidores
6. ejes delanteros
7. ejes traseros
8. colores
9. parachoques
10. conjuntos de dirección
11. ruedas
12. puertas
13. países de usuarios
14. acondicionadores de aire
15. asientos
16. etc.
17. etc.
18. etc.
19. etc.
20. etc.

Téngase en cuenta que cada subconjunto debe contener obviamente numerosas piezas diferentes. Al número de subconjuntos hay que sumar la diferencia de carga (horas de montaje) de los distintos coches, .para tratarlo de la misma manera que piezas reales.

Utilizando los datos anteriores, se desarrolló un programa de secuencias utilizando el Método de Persecución de Objetivos 11. Después se dividió la secuencia en 16 gamas iguales (correspondiendo cada gama aproximadamente a una hora de tiempo de producción). Utilizando como ejemplo los ejes delanteros, véase la Fig. A2.5. para ver cuantas unidades de cada tipo de eje delantero se incluyeron en cada gama. Por la cifra puede verse obviamente que los valores de la desviación estándar (σ) presentan una pequeña variación en la velocidad de utilización de cada pieza.

En la práctica, Toyota "pondera" los subconjuntos importantes y en algunos casos, proporciona unas limitaciones adicionales tales como capacidad de las instalaciones, etc. También se da cierta ponderación a las categorías clasificadas (a_1, a_m, a_s) de cargas de tiempo de montaje. Para resolver el conflicto entre la meta de equilibrar la línea y la meta de nivelar el flujo de piezas.

Anexo 3

Sistema de Proceso de Datos como Apoyo al Sistema de Producción de Toyota.

Por desconocimiento, se considera a veces al sistema de producción de Toyota muy lejano de los sistemas modernos de información mecanizada. Es más, se considera que la producción "Just-in.time" únicamente se puede poner en práctica mediante el "sistema de arrastre" de Kanban. Ahora bien, antes de aplicar KarLban, es necesario preparar de antemano unos programas detallados para cada proceso de producción, utilizando datos de planificación mensuales. Esta programación se logra utilizando un sistema de informaci, 3n mecanizado.

La producción está apoyada en Toyota por el sistema de proceso de datos. El ejemplo que figura en este anexo se basa principalmente en los sistemas de abastecimiento de Kyojo-Seisakusho Co., Ltd., y Aisin-Seiki Co., Ltd. Sin embargo, dado que las compañías del grupo Toyota están estrechamente ligadas a Toyota Motor Company, se están desarrollando, sistemas similares entre las diversas empresas.

El sistema que aquí se informa comprende siete subsistemas, que se pueden clasificar en primera aproximación en tres categorías (Fig. A3.l.):

1. **Subsistema de base de datos de tecnología**, que mantiene la base de datos para los subsistemas de planificación y de realización.

2. **Subsistema de planificación,** que proporciona a los gerentes de planta la información para la preparación (le los sistemas de producción para el mes siguiente, tales como la determinación del número de Kanban y la distribución de operarios en la línea de montaje.

3. Subsistema de realización, que suministra la información que llama la atención para mejorar los procesos, comparando las realizaciones con los datos planificados.

Estás subsistemas se examinarán con detalle en las secciones siguientes. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en Toyota y en sus suministradores existe otro sistema de fabricación mecanizado para líneas de montaje mixtas (es decir, el programa de secuencia heurístico) y que se discutió en el Anexo 2.

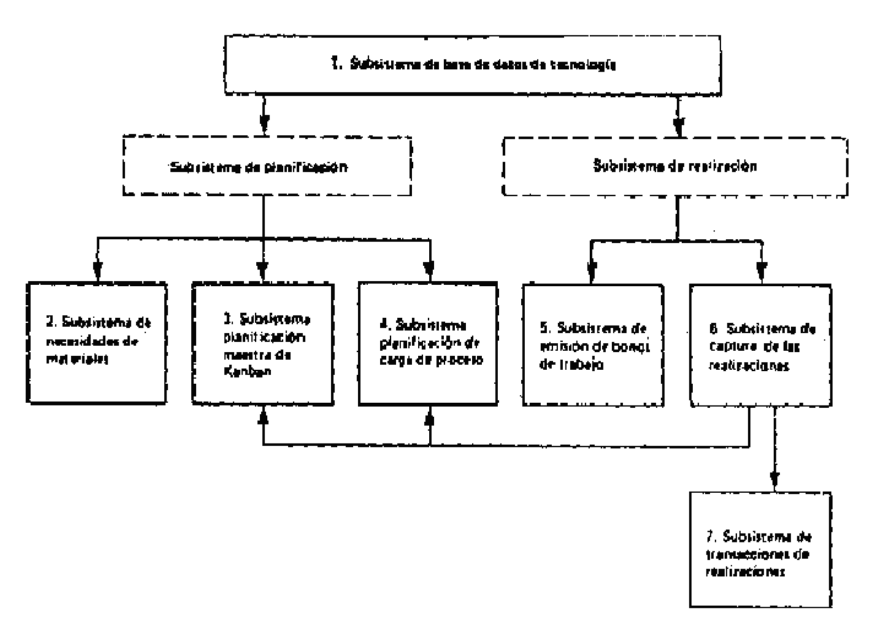


Fig. A3.1. Marco del Sistema de Información que Soporta a Kanban

Subsistema de base de datos de tecnología.

El subsistema de base de datos de tecnología mantiene los datos básicos para el control de producción... Incluye una base de datos de piezas (lista de materiales) para calcular las distintas cantidades de piezas que se necesitan para cada producto terminado, así corno una colección de datos que reflejan los pasos necesarios para fabricar los productos de una empresa, desde el comienzo hasta el proceso final.

Kyoho-Seisakusho Co., Ltd., utiliza una base de datos UNIS (UNIVAC Industrial System) con software desarrollado por UNIVAC Co., Ltd. del Japón, para este subsistema. Este UNIS fue desarrollado originalmente para MRP. A este respecto, el sistema Kanban es compatible con MRP.

Subsistema de cantidades de material necesarias

Este sistema recibe una cinta de información predeterminada correspondiente a tres meses de producción, como dato de entrada que le es suministrado mensualmente por Toyota a sus proveedores y colaboradores. El subsistema calcula entonces la cantidad de material que se necesita en cada proceso. Las salidas de este sistema se resumen en la forma siguiente: - -

— Cantidades de cada material que se necesitan diariamente para uso dentro de la empresa o sus suministradores.

— Número de paletas para contener cada material.

— Programa de producción de cada producto terminado que ha de ser suministrado a cada empresa cliente.

Con el fin de conseguir la producción "Just-in-time", los materiales que. Se necesitan diariamente han de prepararse de antemano para que estén disponibles en el momento necesario. También de acuerdo con la regla Nº 3 del sistema Kanban: "las unidades defectuosas no deben ser transportadas jamás al proceso siguiente", no se puede considerar la tasa de defectos al calcular las cantidades de material necesarios. El sistema de producción de Toyota no solamente comprende el sistema de información Kaban, sino también los métodos de producción para mejorar el proceso cuando se descubran unidades defectuosas.

Subsistema de plan maestro de Kanban.

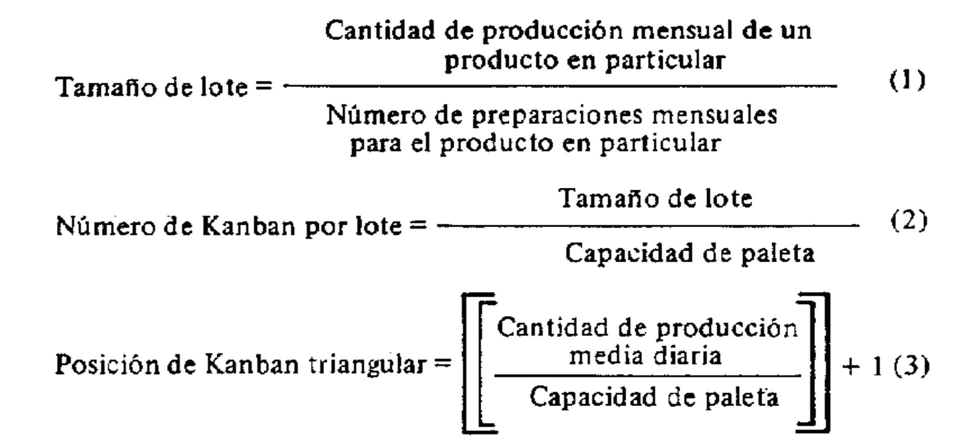
El subsistema de planificación maestra de Kanban calcula los siguientes datos basándose en las cantidades de producción diarias niveladas (medias):

— Número de cada Kanban que se necesita para producir un lote.
— Aumento o disminución del número de cada Kanban en comparación con el mes anterior.
— Posición de un triángulo Kanban correspondiente a un punto de reposición de pedido que dispara el comienzo de la producción.
--- Tamaño de lote.

Estos datos se imprimirán en una tabla maestra Kanban, tal como puede verse en la Fig. A.3.2. La tabla se entrega al gerente de cada proceso, para que prepare el número real de Kanban. Además, y dado que las cantidades de producción media diarias cambian básicamente una vez por mes, será necesario volver a calcular los datos mensualmente.

Se utilizan tres clases diferentes de tablas maestras Kanban, según las siguientes aplicaciones:

Piezas producidas en el interior. Esta tabla se imprime para cada pieza/posición de cada proceso. La tabla se entrega al departamento de control de producción para la preparación de Kanban y la reorganización, de cada proceso (es decir, reasignación de operarios), como respuesta a los cambios de demanda. Las fórmulas utilizadas por algunos suministradores son:

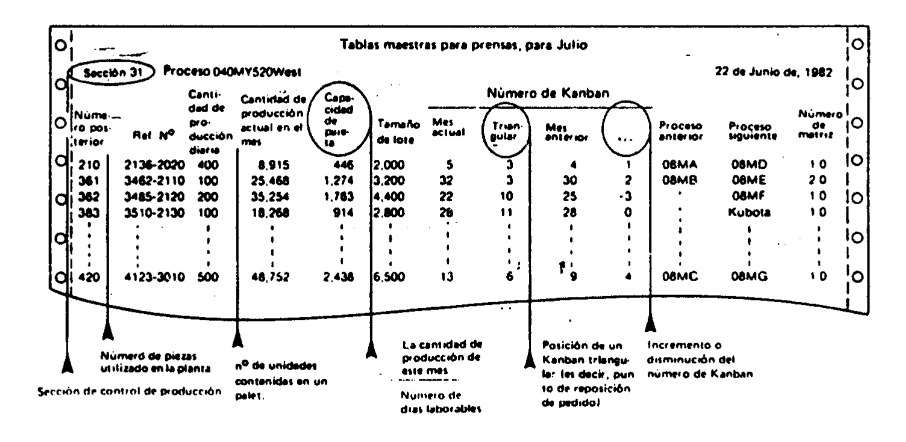


$$\text{Tamaño de lote} = \frac{\text{Cantidad de producción mensual de un producto en particular}}{\text{Número de preparaciones mensuales para el producto en particular}} \quad (1)$$

$$\text{Número de Kanban por lote} = \frac{\text{Tamaño de lote}}{\text{Capacidad de paleta}} \quad (2)$$

$$\text{Posición de Kanban triangular} = \left[\left[\frac{\text{Cantidad de producción media diaria}}{\text{Capacidad de paleta}}\right]\right] + 1 \quad (3)$$

La información detallada relativa a las fórmulas anteriores se encontrará en el Anexo 1.



Tablas maestras para prensas, para Julio

Sección 31 Proceso 040MY520West 22 de Junio de, 1982

Número posterior	Ref Nº	Cantidad de producción diaria	Cantidad de producción actual en el mes	Capacidad de paleta	Tamaño de lote	Número de Kanban: Mes actual	Número de Kanban: Triangular	Número de Kanban: Mes anterior	Número de Kanban: ...	Proceso anterior	Proceso siguiente	Número de matriz
210	2136-2020	400	8.915	446	2.000	5	3	4	1	08MA	08MD	1 0
361	3462-2110	100	25.468	1.274	3.200	32	3	30	2	08MB	08ME	2 0
362	3485-2120	200	35.254	1.763	4.400	22	10	25	-3	·	08MF	1 0
383	3510-2130	100	18.268	914	2.800	26	11	28	0	·	Kubota	1 0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
420	4123-3010	500	48.752	2.438	6.500	13	6	9	4	08MC	08MG	1 0

Fig. A3.2. Tabla Maestra Kankan

Piezas producidas en el exterior. Esta tabla se imprime para cada suministrador y cada ciclo Kanban, de manera que cada suministrador sepa el cambio mensual en sus cantidades de producción requeridas. Las fórmulas utilizadas para calcular el número de Kanbans de proveedor son distintas a las ecuaciones para el Kanban interior, ya que al Kanban de proveedor se le aplica un sistema de transporte de ciclo constante, mientras que al Kanban interno se aplica normalmente un sistema de transporte de cantidades constantes. Para una información más detallada y el concepto de ciclo Kanban, véase el Anexo 1.

Consumo de material. Esta tabla se imprime para la entrega al suministrador del material. Por ejemplo, si interviene un proceso de prensa punzonadora, entonces se enviará el número de Kanban para un lote de bobina al suministrador de bobina.

Subsistema de planificación de cargas

Las cantidades de producción mensuales fluctúan según el plan de producción predeterminado, publicado mensualmente por Toyota. Por lo tanto, cada línea de producción ha de ser capaz de adaptarse a estos cambios de producción mensuales, cambiando para ello la capacidad de cada línea, es decir, aumentando o disminuyendo la mano de obra en cada línea. Estos cambios pueden conseguirse mediante actividades de mejora u operarios polivalentes, en una distribución en planta especial de las máquinas.

Con el fin de que cada proceso absorba los cambios de capacidad de mano de obra, este sistema calcula los siguientes datos en el plan de carga de proceso, basado en el plan de producción mensual predeterminado ciclo de cada proceso

Tiempo de proceso o tiempo de carga que ha de dedicarse a un lote determinado en cada proceso.

Tiempo de preparación y número de preparaciones correspondientes a cada proceso.

Comparando los tiempos de carga con la capacidad existente en cada proceso, se pueden calcular una serie de recursos de producción tales como planificación de mano de obra, disposición de maquinaria y planificación de horas extras. El plan de carga de proceso refleja datos generados a partir del plan maestro Kanban y de las cantidades de material necesarias. Por lo tanto, si cambia la carga en un proceso, cambiará en correspondencia la mano de obra o número de Kanban. Se utiliza la siguiente fórmula para calcular el tiempo de carga dedicado a un lote de producción dado:

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Cantidad pedida x Tiempo estándar}}{\text{Cantidad estándar x Tasa de utilización del proceso}} + \text{Tiempo de preparación} \quad (4)$$

La cantidad estándar y el tiempo estándar generalmente están predeterminados en cada proceso Supongamos por ejemplo una cantidad de pedido (tamaño de lote) de 100 unidades, tiempo estándar una hora para producir una cantidad estándar de diez unidades, y un tiempo de preparación de dos horas. Entonces el tiempo de carga para este proceso se calcula como:

$$\frac{100 \times 1}{10} + 2 = 12 \text{ horas}$$

En el caso de un departamento de prensas de troquelado "golpes por hora" (GP9) sustituye a "cantidad estándar por tasa de utilización de proceso", tal corno se indica a continuación:

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Cantidad de pedido} \div \text{Cantidad producida en un golpe de prensa}}{\text{GPH}} + \text{tiempo de preparación} \quad (5)$$

donde GPH y el tiempo de preparación se calculan basándose en datos obtenidos de los últimos tres meses, recogidos por el subsistema de realización. Adicionalmente se utilizará el ciclo para estandarizar la ruta de operaciones y determinar la cantidad estándar de obra en curso.

Subsistema de edición de bonos de trabajo

El Kanban puede considerarse como una forma de dinero, porque cuando: un proceso retira una pieza del proceso anterior, es necesario mostrar un Kanban de transporte durante el proceso de fabricación de la pieza. Ahora bien un Kanban especifica únicamente qué tipo de pieza se necesita, desde dónde hasta dónde hay que transferir la pieza, y la cantidad de piezas que han de producirse hasta un determinado tiempo. El precio de transferencia no está definido por el Kanban, mientras que entre una compañía suministradora y otra usuaria se necesita el precio y la información monetaria. Por lo tanto, con el fin de tratar en los departamentos contables con las cuentas a pagar y las cuentas a cobrar, es necesario emitir determinadas facturas. Estas facturas se utilizan también para confirmar e inspeccionar la cantidad total del elemento suministrado por el proveedor.

Tal como se ha descrito en el Capítulo 3, Toyota aplica dos sistemas diferentes para retirar piezas de diversos proveedores, según la dimensión física de la pieza. El sistema que más predomina es el sistema de reposición, que utiliza un Kanban de proveedor. El segundo sistema es el sistema de transporte secuenciado, basado en un programa de secuencias para la línea de montaje de piezas mixtas (Fig.A3 .3.).

En el sistema de transporte secuencial intervienen las fases siguientes:

1. Los datos del programa de secuencias en cinta magnética, correspondiente a las transmisiones que han de ser producidas en la planta de Shiroyama de la Aisin Seiki Co., Ltd., se envía por camión cada mañana- a la sección de informática de la Aisin Seiki Co., desde Toyota.

2. La sección de informática duplica la cinta magnética en un disco magnético (disco flexible).

3. El disco magnético se entrega entonces al centro de control de la planta de Shiroyama (Ver Fig. 3.4. En el Capítulo 3).

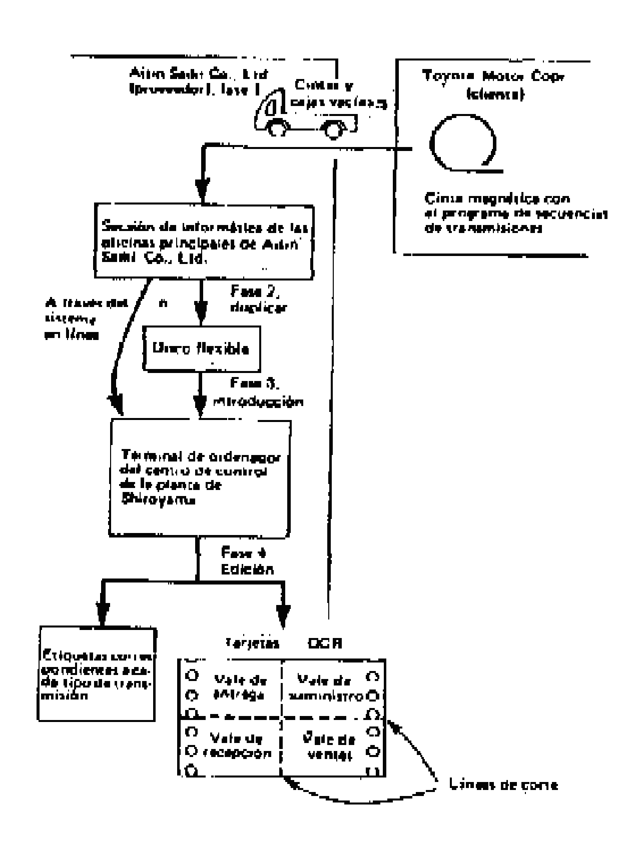


Fig. A3.3. Transporte Secuencial. Subsistema de Emisión de Vales

4. Los datos que figuran en el disco se introducen en un terminal de ordenador (llamado sistema K), para imprimir el programa de secuencias. Al mismo tiempo, se imprimen etiquetas para cada tipo de transmisión, junto con un conjunto de tarjetas OCR, que incluyen informaciones tales corno la tarjeta de vale de entrega y una tarjeta de vale de recibo. (Nota Fig. 3.4. En Capítulo 3). En otra situación, el contenido de la cinta magnética podrá transmitirse directamente desde el servicio de informática de la oficina principal al terminal de ordenador de la planta de Shiroyama, a través de un sistema en lírica de Aisin Seiki.

Si se aplica este último sistema de reposición, entonces el Kanban de suministrador lleva un código de barras para ser procesado por un ordenador. En Toyota todos los Kanbans de proveedor son Kanbans con código de barra, conocidos también como Kanbans OCR, tal como se indica en la Fig. 2.5. Del Capítulo 2. En este caso, se utilizan dos tipos de Kanbans con código de barra para emitir los vales:

1. El Kanban OCR del proveedor de Toyota se procesa mediante un lector de códigos de barra en Toyota para imprimir las tarjetas OCR. Estas tarjetas se entregan al suministrador junto con el Kanban de proveedor propiamente dicho. En el suministrador, las piezas, los Kanban y las tarjetas se cargan juntas en el camión y se llevan al proceso de Toyota (Fig. A3.4.).

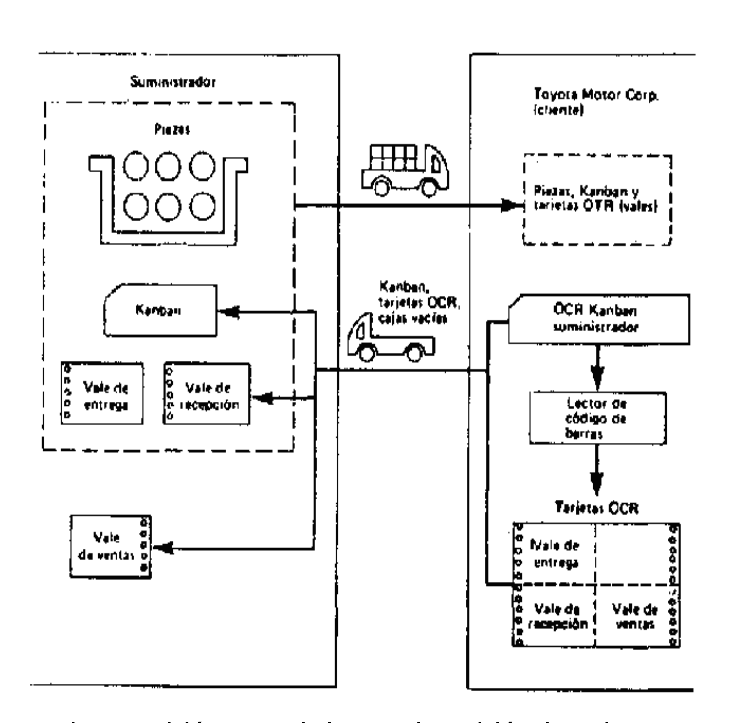


Fig. A3.4. Sistema 1 de Reposición con Subsistema de Emisión de Va(es

2. Los Kanban OCR de proveedor de Toyota se entregan directamente al suministrador, donde se procesan a través del lector de código de barras del proveedor. Las tarjetas OCR se generan y emparejan con las piezas para su entrega a la planta de Toyota, junto con el Kanban de proveedor (Fig. A3.5.). En la actualidad esta situación es la que más prevalece entre los suministradores de Toyota.

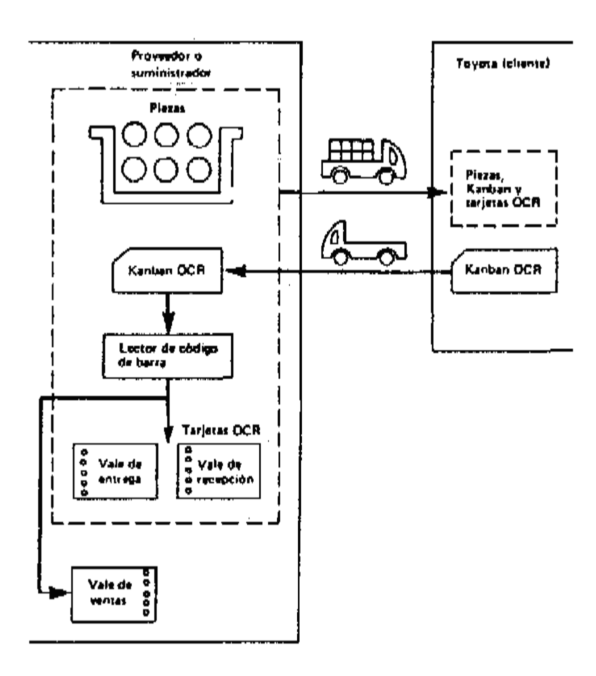


Fig. A3.5. Sistema II de Reposición, con el Subsistema de Emisión de Vales

Hay cuatro tipos de tarjetas OCR: vale de entrega, vale de suministro, vale de recepción y vale de ventas. El suministrador entrega sus piezas junto con el vale de entrega y el vale de recepción.

En el lugar de recepción en Toyota (es decir, en el departamento de compras), se sellarán (firmarán) tanto el vale de entrega como el vale de recepción. Toyota se queda con el vale de entrega y devuelve el vale de recepción al proveedor. El vale de entrega se envía al departamento de ordenadores de Toyota, donde se procesa para emitir los datos de cuentas a pagar Estos datos a su vez se enviarán al departamento de contabilidad para su anotación en la cuenta de acreedores, en el libro de compras, y en la sección de cuentas a pagar de la contabilidad general.

Por otra parte, el vale de ventas lo guarda el suministrador, procesándolo a través del OCR para obtener datos de cuentas a cobrar. El proveedor anota estos datos en su cuenta de clientes, en el libro de ventas y en la sección de cuentas a cobrar en su contabilidad. En la Fig. A.346., puede verse un ejemplo de flujo de estos vales entre Toyota y sus proveedores.

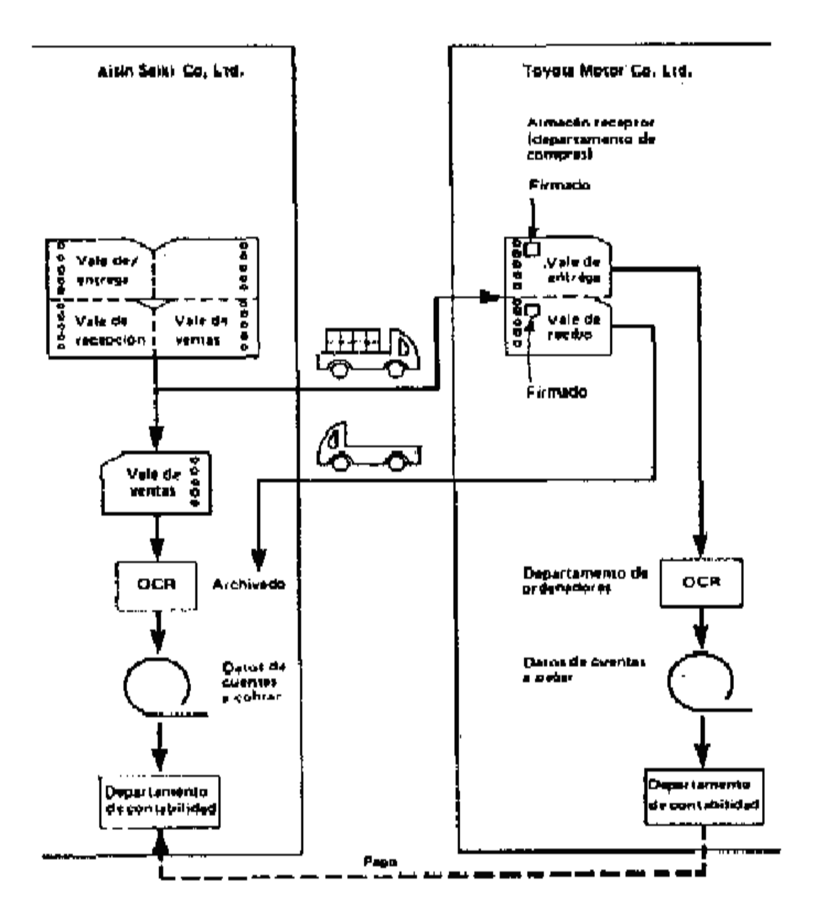
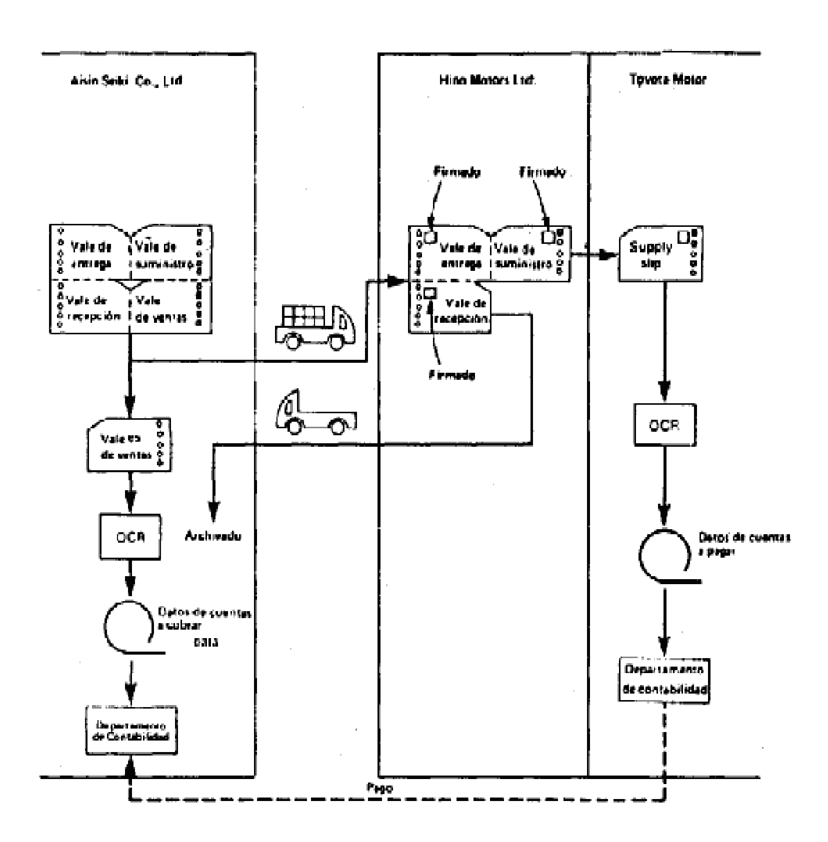


Fig. A3.6. Flujo de Vales entre Toyota y sus Suministradores

Cuando Aisin Seiki entrega sus piezas terminadas a otra empresa colaboradora (en este caso Hino Motors Ltd.), entonces envía el vale de entrega, el vale de recepción y el vale de suministro junto con las piezas. Hino Motors guarda el vale de entrega sellado, devuelve el vale de recepción sellado a Aisin Seiki y envía el vale de suministro sellado a Toyota. Toyota procesa este vale de suministro a través de OCR para obtener los datos de cuentas a pagar. La cantidad que figure en estos datos de cuentas a pagar será pagada a Aisin Seiki por Toyota. La misma cantidad será pagada posteriormente a Toyota por Hino Motors (Fig. A3.7.):



A3.7. Flujo de Vales entre Toyota. El Primer Suministrador y el Segundo Suministrado,

Subsistemas de captura y proceso de datos de realización

El subsistema de **captura de datos de realización** recoge diariamente los datos de realización de cada proceso y los reúne como información de producción mensual. Los datos de realización incluyen cantidad de producción, tiempo de proceso, tiempo de preparación, ciclo de fabricación, tiempo de máquina parada, número de golpes, etc. Los datos de producción mensuales se relacionan con el ciclo de planificación mensual. Comparando los datos de realización con las cifras planificadas se obtienen las cifras de variación. Si estas variaciones nes son desfavorables (es decir, proceso demasiado lento), entonces es necesario tomar alguna acción para remediar y reducir al mínimo las variaciones. Dicho de otra manera, este subsistema destaca las áreas de problema y ayuda a impulsar actividades de mejora para optimizar los métodos de producción de Toyota. Adicionalmente, los datos de realización tales como número de golpes y tiempo de preparación, se realimentan como datos básicos para el cálculo de la. Carga o el ciclo para el período siguiente.

El subsistema de **proceso de datos de realización** transforma los datos de realización en unos datos en series temporales correspondiente a los últimos tres meses, para mostrar el progreso de la producción. Esta información en series temporales destaca las diferencias técnicas entre los procesos y las situaciones de utilización de capacidad dentro de cada proceso, .permitiendo de esta manera promocionar mejoras de técnica ingenieril a nivel de toda la compañía.

Anexo 4

El Sistema de Producción Toyota y el Sistema Kanban Materialización de los Sistemas Just in time y Respeto por la Dimensión Humana.

Y. SUGIMORI K. KUSUNOKI, F. CHO y S. UCHIKAWA

El sistema de producción de Toyota y el sistema Kanban que se presentan en este artículo fueron desarrollados por el Vicepresidente de la Toyota Motor Company, Mr. Taiichi Olmo y fue bajo su dirección, que estos sistemas de producción exclusivos han arraigado profundamente en Toyota Motor Company durante los últimos 20 años. Estos sistemas tienen dos principales características que los distinguen. Uno de ellos es la "producción Just-in-time" que es un factor especialmente importante en la industria del montaje como es la de fabricación del automóvil. En este tipo de producción se fabrican "únicamente los productos necesarios, en el tiempo necesario y en la cantidad necesaria", manteniéndose reducido al mínimo las existencias disponibles. En segundo lugar, es un sistema con "respeto por la condición humana", donde a los operarios se les permite desplegar plenamente sus posibilidades mediante participación activa en la marcha y mejora de sus propios talleres.

Punto de arranque del concepto — aprovechar al máximo las características japonesas

El punto de arranque del concepto del sistema de producción Toyota estuvo en el reconocimiento de las características distintivas del Japón.

La característica más distintiva de13apóñes su falta de recursos naturales, con lo cual es necesario importar grandes cantidades de materiales, inclusive alimentos. El Japón está situado en una situación de desventaja en cuanto a coste de materia prima, si se le compara con los países europeos y americanos. Para superar esta desventaja, es esencial que las industrias japonesas dediquen su mejor esfuerzo a producir mercancías de mejor calidad, con mayor valor añadido, y con un coste de producción aún menor que las de otros países. Esto fue lo primero que reconoció Toyota.

La segunda característica distintiva es que el concepto de trabajo japonés, tal como conciencia y actitud cooperativa, difiere del de los operarios europeos y americanos. Los rasgos japoneses incluyen:

(1) Conciencia de grupo, sentido de igualdad, deseo de mejora y diligencia, nacida de una larga historia de una raza homógena; (2) superior grado de habilidad, resultante de una educación superior, consecuencia de un deseo de mejorar; (3) centrar su vida diaria alrededor del trabajo.

Estos rasgos japoneses también se han visto reflejados en las empresas. Costumbres tales como: (1) sistema de empleo de vida, (2) sindicatos por empresas, (3) poca discriminación entre operarios de taller y personal de oficinas, y (4) posibilidades para los operarios,

Presentado en la cuarta Conferencia Internacional sobre Investigación de la Producción (Tokio), Agosto 1977.
+ Departamento de Control de Producción, Toyota Motor Co., Ltd. 1 Toyotacho Toyotashi 471 Japón.
Publicado por Taylor & Francis Ltd., 10.14 Macklin Street, Londres WC2B 5 NF.

Para promocionarse y alcanzar puestos de gerencia, han sido una gran ayuda para promocionar el sentido de unidad entre la empresa y los operarios. Asimismo y a diferencia de los países europeos, el Japón no tiene el problema de trabajadores extranjeros.

Por lo tanto, desde el punto de vista del entorno laboral, el Japón está en una situación mucho mejor que los países europeos y americanos. Con el fin de aprovechar plenamente las ventajas japonesas es importante que las industrias logren que sus operarios desplieguen al máximo sus capacidades. Este fue el segundo aspecto que reconoció Toyota.

El Sistema de Producción Toyota y sus conceptos básicos

Después de reconocer los puntos arriba citados, Toyota planifica y lleva a cabo su sistema de producción sobre los dos conceptos básicos siguientes:

En primer lugar, corresponde al primer reconocimiento de dedicar todos los esfuerzos para conseguir una producción a bajo costo, es “reducción de costos a través de la eliminación de ineficiencias”. Esto entraña establecer un sistema que elimine a fondo las ineficiencias, suponiendo que cualquier cantidad distinta a la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas y operarios (tiempo de trabajo) que sean absolutamente esenciales para la producción, son un mero sobrante que solamente eleva los costos.

Lo que corresponde al segundo reconocimiento de la diligencia japonesa, el alto grado de habilidad y el entorno laboral favorable, es el “aprovechar plenamente las capacidades de los

operarios”. Dicho de otra manera, tratar a los operarios como seres humanos y con consideración. Crear un sistema que permita a los operarios desplegar por sí mismos todas sus posibilidades.

Reducción de costos mediante una eliminación a fondo de las ineficiencias.

Para materializar este sistema, Toyota ha dado especial importancia a la “producción Just in Time” y al “Jidoka”.

Características que distinguen a la industria del automóvil: Con el fin de tener uní sistema de producción eficaz en la industria del automóvil, es necesario resolver los tres problemas siguientes que la distinguen:

(1) La industria del automóvil es una industria típica de montaje de producción en masa, en la cual cada vehículo se monta a partir de varios miles de piezas que han estado sometidas a numerosos procesos. Por lo tanto, un problema en cualquiera de los procesos tendrá un amplio efecto general.

(2) Hay numerosos modelos diferentes con muchas variantes y grandes fluctuaciones de demanda para cada variante.

(3) Cada pocos años se remodelan completamente los vehículos y a menudo hay modificaciones a nivel de piezas.

El sistema de control de producción ordinario en una industria de este tipo consiste en cumplir los programas de producción, manteniendo unas existencias de obra en curso en todos los procesos como medio para absorber los problemas en los procesos y las variaciones de demanda. Ahora bien, en la práctica un sistema de este tipo a menudo crea un desequilibrio excesivo de existencias entre los procesos, lo cual muchas veces da lugar a stocks obsoletos. Por otra parte, es fácil caer en la situación de tener exceso de equipo y exceso de operarios, lo cual no está de acuerdo con la concepción de Toyota.

Producción Just-in-time: Con el fin de evitar problemas tales como desequilibrio de existencias y exceso de equipos y operarios, hemos reconocido la necesidad de unos sistemas ajustables que puedan adaptarse a las modificaciones debidas a problemas y fluctuaciones de demanda. Para este fin, hemos dedicado nuestro esfuerzo a desarrollar un sistema de producción que sea capaz

de acortar el plazo de producción desde la entrada de materiales hasta la terminación del vehículo.

La producción Just-in-time es un método mediante el cual el plazo de producción se acorta notablemente, manteniendo su posibilidad de adaptar modificaciones, haciendo que "todos los procesos produzcan las piezas necesarias en el tiempo necesario, y se tenga disponible únicamente las existencias mínimas necesarias para mantener unidos los procesos". Además, al comprobar el nivel de existencias y el plazo de producción como variables de esta política, este método de producción descubre la existencia de exceso de equipos y operarios. Este es el punto de arranque de la segunda característica del Sistema de Producción Toyota, es decir, el de aprovechar plenamente las capacidades de los operarios.

(a) Arrastre por los procesos siguientes: El primer requisito de la producción Just-in-time es el de permitir que todos los procesos tengan rápidamente un conocimiento preciso del "momento preciso y Cantidad necesaria".

En el sistema de producción general, este requisito se cumple en la forma siguiente. El programa de producción del producto (automóviles, en el caso de una planta de automóviles) se proyecta sobre los diferentes programas de piezas e instrucciones emitidas a los distintos procesos. Estos procesos producen las piezas de acuerdo con sus programas, utilizando el método de "el proceso anterior suministra las piezas a su proceso siguiente". Sin embargo puede verse que esta clase de método hará muy difícil conseguir una producción adaptable a las modificaciones.
Con el fin de materializar el primer requisito, Toyota adoptó el método inverso de "el proceso siguiente retira las piezas del proceso anterior" en lugar de que "el proceso anterior suministre las piezas al proceso siguiente".

El motivo de esto es lo siguiente: La producción Just-in-time es la producción de piezas por los diferentes procesos, en las cantidades necesarias y en el tiempo necesario para montar un vehículo como producto final de empresa. Si éste el caso, puede decirse que únicamente la línea de montaje final que efectúa el montaje del vehículo es el proceso que puede saber con precisión los momentos precisos y cantidades de piezas necesarias.

Por lo tanto, la línea de montaje final va al proceso anterior para obtener las piezas necesarias y en el tiempo preciso para efectuar el montaje del vehículo. El proceso anterior produce entonces de acuerdo con las piezas retiradas por el proceso siguiente. Para la producción de estas piezas,

el proceso anterior obtiene las piezas necesarias del proceso que le antecede. Encadenando de esta manera todos los procesos, será posible que toda la empresa se dedique a la producción Just-in-time sin necesidad de emitir unas órdenes de producción largas para cada proceso.

(b) Producción y transporte unitarios: El segundo requisito de la producción Just-in-time es que todos los procesos se acerquen a la situación en la cual cada proceso pueda producir solamente una pieza, pueda transportarlas una a la vez y además tener sólo una pieza en existencias tanto entre los equipos y en los procesos.

Esto significa que por ningún motivo se permite a ningún proceso producir una cantidad extra y tener un exceso de existencias entre los procesos. Por lo tanto, cada proceso deberá acercarse a la situación en la cual produzca y transporte solamente una pieza correspondiente a la unidad individual que sale de la línea de montaje final. Dicho de otra manera, se impide a todos los talleres que realicen producción por lotes y transporte por lotes.

Toyota ha conseguido reducir el tamaño de lote, acortando notablemente el tiempo de preparación, mejorando los métodos de producción e inclusive la eliminación de existencias en curso en el proceso, como consecuencia de pedir equipos de maquinaria multifuncional de acuerdo con las necesidades de proceso de una línea de producto, y mejorar los transportes como consecuencia de una carga mixta repetitiva. Todo esto se ha llevado a cabo incluyendo un gran número de subcontratistas.

(c) Nivelación de la producción: Suponiendo que todos los procesos realicen la producción y transporte de pequeños lotes, si la cantidad a retirar por el proceso siguiente varía considerablemente, entonces los procesos dentro de la empresa así como de sus subcontratistas, mantendrán una capacidad punta o evitarán exceso de existencias en todo momento.

Por lo tanto y con el fin de hacer posible la producción Just-in-time, el requisito previo será el de nivelar la producción en la línea de montaje final (la línea más importante que da las instrucciones de producción a todos los procesos). El grado de nivelación viene determinado por la dirección superior.

(1) Las líneas de montaje finales de Toyota son líneas de productos mixtos. Se promedia la producción por día, tomando el número de vehículos que figuran en el programa de producción mensual, clasificados por tipos, y dividiendo por el número de jornadas laborables.

(2) En lo que se refiere el programa de producción durante cada día, se calcula el ciclo para cada vehículo con especificación diferente, y con el fin de que los distintos tipos de vehículos aparezcan en su propio ciclo, se ordena que los vehículos de diferente tipo vayan seguidos uno tras otro.

Si la línea de monaje final nivela la producción tal como se ha indicado anteriormente, entonces se nivelan también la producción de todos los procesos que practiquen el arrastre del proceso siguiente y la producción y transporte unitarios.

El segundo punto importante en la producción nivelada es observar la regia básica del just-in-time; producir solamente tanto como se venda, ajustando por una parte su nivel de producción de acuerdo con las variaciones del mercado, y por otra parte, produciendo de la manera más fluida posible dentro de una determinada gama. Incluso después de haberse decidido el programa de producción mensual, Toyota seguirá haciendo cambios entre los vehículos de diferentes modelos basándose en los pedidos diarios, e incluso, cuando se llegue al número total si hay necesidad de cubrir variaciones en las condiciones de mercado, Toyota hará revisiones en el programa mensual para reducir al máximo posible el impacto de la fluctuación del mercado.

Si se compara el sistema de producción arriba expuesto con el sistema de producción programado adoptado generalmente, se ve que el primero de estos sistemas puede operar con unas variaciones de producción menores que el último sistema. En consecuencia, será posible trabajar con menor capacidad de equipos y un número más estable de operarios. (Esto es especialmente importante para las empresas japonesas que tienen el sistema de empleo por vida).

Un sistema de control de producción que se ha desarrollado para poner en práctica las tres reglas generales anteriores, es el sistema Kanban.

(d) Eliminación de ineficiencias debidas a exceso de producción:

El concepto que subyace en los sistemas de producción just-in-time es que se desautoriza el que haya existencias.

En el sistema de control de producción convencional, se aprecian las existencias como medio para absorber problemas y fluctuaciones de demanda, y para suavizar las fluctuaciones de carga de los procesos.

Como contraste Toyota considera que las existencias disponibles son solamente una suma de problemas. Consideramos que habitualmente la mayoría de las existencias disponibles son consecuencia de “exceso de producción”, por encima de la cantidad necesaria, y que es el peor derroche que puede elevar los costes de producción. La razón por la que consideramos que las existencias resultantes del proceso de producción constituyen el peor derroche, es que ocultan las causas que deberían remediarse, tales como desequilibrio entre operarios y entre procesos, problemas en diversos procesos, tiempo muerto de operarios, exceso de operarios, exceso de capacidad de equipos e insuficiencia de mantenimiento preventivo.

Estas ineficiencias latentes hacen difícil que los operarios puedan desplegar sus capacidades, e incluso llegue a convertirse en un obstáculo para la evolución constante de una empresa.

Jidoka: El término “Jidoka” utilizado por Toyota significa “hacer que el equipo o la operación se detenga, siempre que surja una situación anormal o defectuosa”. Dicho de otra manera, la característica distintiva está en el hecho de que cuando tiene lugar un problema de equipo o un defecto de máquina, se detiene el equipo o toda la línea y éstos pueden para cualquier línea que, tenga operarios.

Los motivos por los cuales “Jidoka” es tan importante, son los siguientes:

(1) Para evitar fabricar demasiado. Si se hace parar el equipo cuando se haya producido la cantidad requerida, entonces no puede. Darse el caso de producir demasiado. En consecuencia se puede llevar a cabo de forma precisa la producción just-in-time.

(2) Resulta fácil controlar las anormalidades. Únicamente será necesario hacer mejoras, dirigiendo la atención al equipo parado y al obrero que efectué la parada. Este es un requisito importante al establecer el sistema de “plena utilización de las capacidades del operario” que se describe a continuación.

Toyota ha hecho un sinnúmero de mejoras para poner en práctica “Jidoka”.

Plena utilización de las capacidades de los operarios

Este es el segundo concepto básico de Toyota para aprovechar al máximo el entorno laboral favorable del Japón y sus excelentes operarios. Ha creado un sistema que respeta la dimensión humana, subrayando los puntos siguientes: (1) eliminación de movimientos inútiles por parte de los operarios; (2) consideración de la seguridad de los operarios; y (3) automanifestación de las capacidades de los operarios, al confiarles mayor responsabilidad y autoridad.

Eliminación de movimientos inútiles por los operarios: El operario solamente podrá realizar su trabajo de forma valiosa, si el trabajo de los operarios se utiliza exclusivamente para elevar el valor añadido de los productos.

¿Cuáles son entonces los movimientos inútiles que no aportan el valor añadido y cuáles han de eliminarse? El primero de estos son los movimientos de los operarios que acompañan la ineficiencia de producir en exceso. Todos los movimientos de las operaciones de manejo de materiales entre el equipo y entre los procesos, debido a grandes existencias, son movimientos inútiles. A Toyota le ha sido posible efectuar grandes reducciones en este gasto inútil, creando un sistema que permite una verdadera producción just-in-time.

Ahora bien, incluso habiendo reducido la ineficiencia de producir en exceso, no traerá ninguna ventaja, si como consecuencia se crea un tiempo de espera de los operarios. En la producción just-in-time, incluso cuando hay exceso de capacidad de equipos, solamente se produce tanto como haya sido retirado por el proceso siguiente. Por lo tanto, si el equipo y los operarios están concatenados, los operarios están sujetos a tiempos muertos. Para evitar la ineficiencia de crear tiempo de espera, se han hecho diversas mejoras tales como: (1) desligar el trabajo de los operarios de los equipos, asignando un operario a varias máquinas; (2) concentrar las zonas de operarios en las líneas automáticas; y (3) establecer líneas que no requieran operaciones de supervisión.

La segunda fuente de ineficiencia es hacer que los operarios efectúen operaciones que por naturaleza no sean adecuadas para el hombre. Operaciones que entrañen peligro, peligrosas para la salud, que exijan un trabajo físico duro y operaciones monótonas repetitivas, todas ellas se han mecanizado, automatizado y desprovisto de hombres.

La tercera son los movimientos-de los operarios como consecuencia de problemas o defectos. Esta clase de ineficiencia ha sido reducida notablemente por Toyota mediante “Jidoka”.

Consideraciones relativas a la seguridad de los operarios: Los operarios de Toyota son diligentes y tienen entusiasmo para alcanzar la producción. Por lo tanto, no detendrá la producción si el problema no es de naturaleza grave, y recurrirá a métodos no-normales simplemente para mantener la línea en funcionamiento. Si se producen tiempos de espera, se impacientará y eventualmente comenzará a hacer otra cosa. Ahora bien, esta clase de trabajos inusuales o trabajos extra van a menudo acompañados por accidentes, problemas o defectos.
El “Jidoka” y la eliminación de tiempos de espera que ahora está siendo. Fomentado por Toyota no sirve únicamente para reducir el coste de producción, sino que también es eficaz como medida de seguridad.

Las consecuencias se han reflejado en el hecho de que, desde un punto de vista internacional, la frecuencia de lesiones en Toyota es baja.

Nota: Comparando con la frecuencia de lesiones en la industria del automóvil americana, se ve que en comparación con el 1,5 que hay en Estados Unidos (estadística ¡LO 1974), Toyota tiene 0,8 es decir, aproximadamente la mitad.

Automanifestación de las posibilidades del operario: En la actualidad, ha despertado el interés internacional por respetar la dimensión humana de los operarios en los talleres de producción. Toyota cree firmemente que establecer un sistema en el cual los operarios puedan participar de forma activa en la marcha y mejora de sus talleres, y ser capaces de desplegar plenamente sus capacidades, será la base de un entorno de respeto humano del más alto nivel.

Como primer paso en este método, todos los operarios en Toyota tienen derecho aparar la línea en la cual están trabajando.

Incluso en una línea larga, tal como la línea de montaje final, si se produce cualquier anormalidad, tal corno un operario que se encuentre incapaz de mantener el ritmo, o que descubra una pieza incorrecta o defectuosa, podrá parar toda la línea, oprimiendo el pulsador de parada que tiene a mano. No se trata de un transportador que controla a los hombres, sino que son los hombres los que controlan al transportador, siendo éste el primer paso para respetar la independencia humana.

Como segundo paso, en todos los talleres de Toyota se informa a los operarios sobre el orden de prioridad de las piezas que han de procesarse y el estado de avance de la producción. Por lo tanto, la autoridad real para tomar decisiones sobre la asignación de trabajos y horas extra se delega al encargado, y ésto permite que cada taller lleve a cabo las actividades de producción sin recibir órdenes del departamento de control.

Como tercer paso, Toyota tiene sistema mediante el cual los operarios pueden participar en la introducción de mejoras. Cualquier empleado de Toyota tiene derecho á efectuar una mejora sobre alguna ineficiencia que haya encontrado.

En la producción just-in-time, todos los procesos y talleres se mantienen en una situación en que no hay excesos, de manera que si no se atiende a un problema, la línea dejará de funcionar inmediatamente, afectando a toda la planta. Cualquiera puede entender con facilidad la necesidad de efectuar mejoras.

Por lo tanto. Toyota está esforzándose por crear un entorno de trabajo en el cual no sean solamente los directores y encargados sino todos los obreros los que puedan detectar problemas. Esto se llapa "control visible".

Mediante el control visible, todos los operarios dan pasos positivos para mejorar todas las ineficiencias que hayan encontrado. Y la autoridad y responsabilidad de la marcha y mejora del taller se han delegado a los mismos operarios, ésta es la característica que más distingue el respeto que hay en Toyota por la dimensión humana.

Sistema Kanban

Finalidad del sistema Kanban

El sistema Kanban es un sistema de control de producción para la producción just-in-time y para aprovechar plenamente las capacidades de los operarios. Utilizando el sistema Kanban, los talleres de Toyota ya no dependen de un ordenador. Esto puede verse en la Fig. 1.

Los motivos para utilizar el sistema Kanban en lugar de un sistema por ordenador son los siguientes:

(1) Reducción de costes en el proceso de la información. El poner en práctica un sistema que proporcione programas de producción a todos los procesos y suministradores, así como sus modificaciones y ajustes en control de tiempo real supone un coste muy elevado.

(2) Conocimiento rápido y preciso de los hechos. Utilizando el Kanban, los gerentes de los talleres pueden percibir hechos de cambio continuo tales como capacidad de producción, ritmo de trabajo y mano de obra sin la ayuda de un ordenador. De ahí que sean precisos, los datos de los programas correspondientes a los cambios, esto lleva a los talleres a encontrar sistemas para responsabilizarse y a fomentar las actividades de mejora espontáneas.

(3) Limitación del exceso de capacidad de los talleres anteriores. Dado que una industria del automóvil consiste en procesos de etapas múltiples, generalmente la demanda del elemento (la pieza) va siendo cada vez más errática cuanto más alejado esté el punto de proceso del punto de la demanda original de la mercancía terminada. Los procesos anteriores llegan a tener la necesidad de disponer de exceso de capacidad y hay mayores probabilidades de tener ineficiencias de exceso de producción.

Descripción del sistema Kanban

(1) En el sistema Kanban, se utiliza una forma de tarjeta de pedido llamada Kanban. Estas son de dos clases, una de la cuales se llama "Kanban de transporte", y que se lleva al pasar de un proceso al proceso siguiente. La otra se llama "Kanban de producción" y se utiliza para ordenar la producción de la parte retirada por el proceso posterior.

Estas dos clases de Kanban van siempre unidas a los contenedores que llevan las piezas.

(2) Cuando comienza a utilizarse el contenido de un contenedor, se retira el Kanban de transporte del contenedor. Un operario lleva este Kanban de transporte y va al punto de almacenaje del proceso anterior, para recoger su pieza. Entonces une este Kanban de transporte al contenedor que lleva esta pieza.

(3) A continuación se retira el "Kanban de producción" unido al contenedor, y se convierte en una información de orden de producción para el proceso. Este produce lo antes posible la pieza para reponer la que ha sido retirada.

(4) De esta manera las actividades de producción de la línea de montaje final están conectadas en forma de cadena con los procesos anteriores o con los subcontratistas, materializando la producción Just-in-Time de todo el proceso.

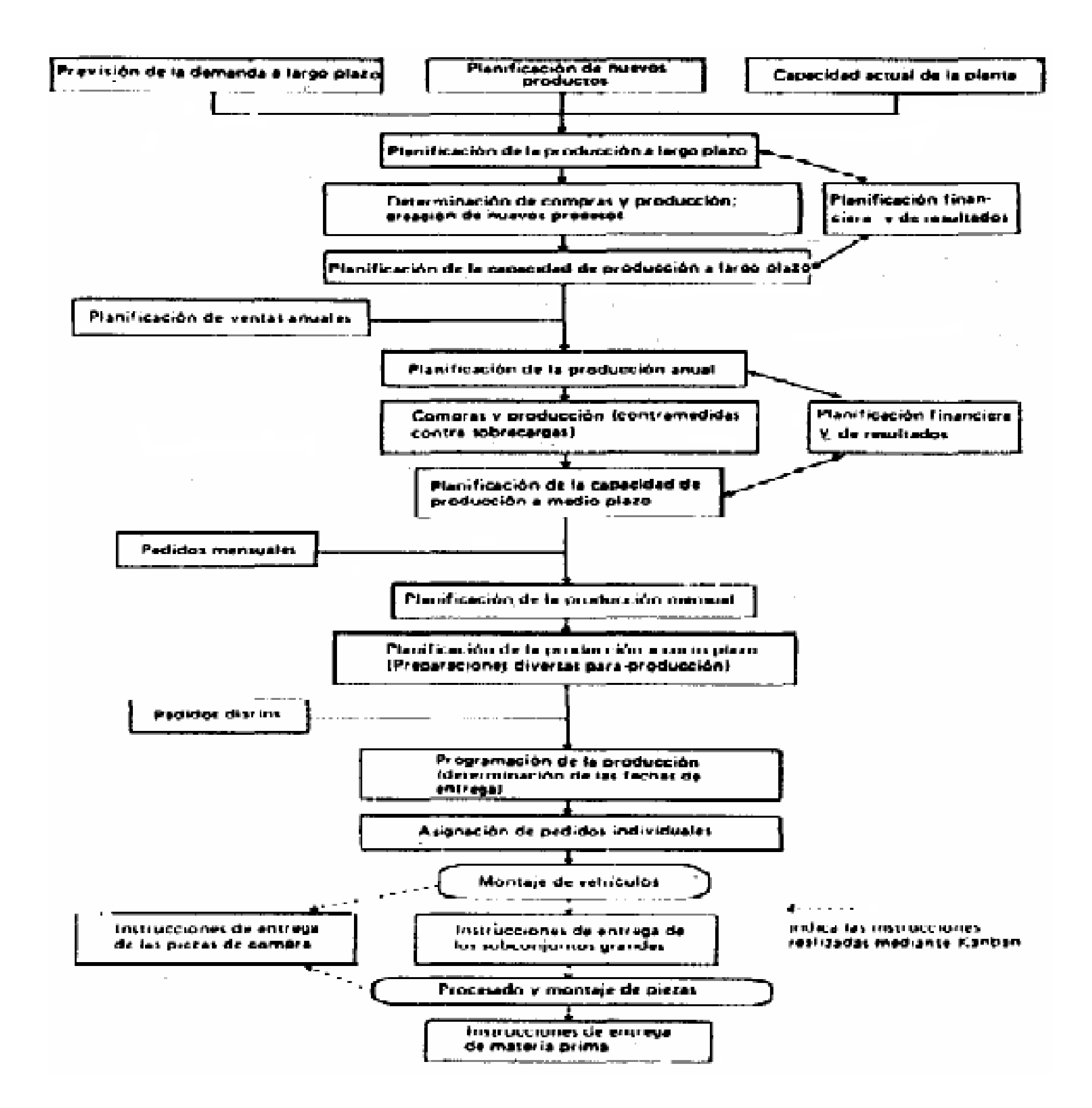


Fig. 1 Estructura de Planificación de la Producción

El flujo de piezas y Kanban pueden verse en la Fig. 2.

La ecuación para calcular el número de Kanban que juegan la parte más importante de este sistema, es la siguiente:

Sea,

y = Número de Kanban

D = Demanda por unidad de tiempo

Tw = Tiempo de espera del Kanban

Tp =Tiempo de proceso

a = Capacidad del contenedor (no más del 10°/o de las necesidades diarias)

∞ = Variable según la política (no superior al 10°/o).

Entonces,

$$y = \frac{D(T_W + T_P)(1 + \alpha)}{a}$$

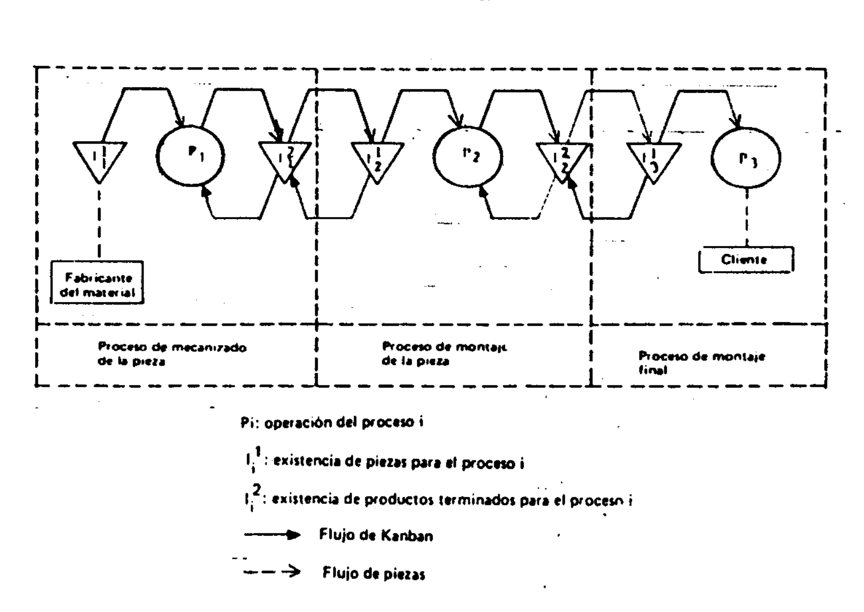


Fig. 2. Flujo de Piezas Kankan

Puntos importantes de operación con el sistema Kanban — significado de la ecuación para calcular el número de Kanban.

Con el fin de materializar el sistema de producción de Toyota a través del sistema Kanban, no aceptamos cada factor como situación fija, sino que ciamos importancia a modificar cada uno mediante mejoras positivas.

(1) ∞ es una variable de tipo político, que se determina de acuerdo con las posibilidades del taller para hacerse cargo de interferencias exteriores.

(2) Ose determina como demanda nivelada.

(3) El valor de y es mas bien fijo a pesar de las variaciones de D.

Por lo tanto, al aumentar D, es necesario reducir el valor de (Tp+Tw), es decir, el plazo. En un taller que tenga insuficientes posibilidades de mejora, no podrán evitar trabajar horas extras durante algún tiempo. Incluso pueden causar paradas de línea. Sin embargo, el objetivo final del sistema de producción de Toyota es el de manifestar estas ineficiencias en forma de horas extras y paradas de línea, forzando a cada taller para que llegue a ser capaz de realizar mejoras. Los talleres que sean incapaces quizás tengan que dominar la situación, aumentando ∞, es decir, el número de Kanban, durante algún tiempo. Por este motivo, la dirección superior considera el valor de como indicador de las capacidades de mejora de un taller.

(4) En el caso de que disminuya la demanda, el plazo llega a ser relativamente más largo. En consecuencia se manifiesta la ineficiencia en el aumento de tiempos muertos, esta situación es objeto de mejora llamado "Syojinka" — reducir el número de operarios al disminuir la demanda (producción).

(5) Las existencias de obra en curso podrían llegar a ser mucho menores, llevando a cabo una mejora para producir el valor de a, ∞, y (Tp+Tw).

El objetivo de Toyota a través del sistema Kanban arriba expuesto es un sistema de producción continuo en línea que conecte todos los procesos exteriores e interiores, mediante unas líneas de transporte invisibles. Porque si el conjunto de valores de ∞, a y Tw es respectivamente 0,1 y 0, no significa otra cosa que los atributos de una línea continua de transporte. Todas las piezas que constituyen un vehículo se procesan y montan en una línea de transporte continuo, elevando su valor añadido. Por último salen en forma de vehículo terminado, uno a uno.

Al producirse problemas, podrá pararse toda la línea, pero comenzará a moverse de nuevo inmediatamente. El sistema de producción Toyota es un sistema que busca la realización de un ideal de línea continua el transporte con el Kanban como el elemento que conecta entre sí todos los procesos.

Extensión de la producción just-in-time, mediante reducción de los tiempos de preparación de matrices de prensa.

Al aplicar el concepto de producción just-in-time para reducir los plazos de producción y las existencias de obra en curso, nos hemos encontrado con dificultades en el taller de prensas que efectúa la producción por lotes. Después de discutir una solución de esta dificultad en la

producción por lotes, hemos llegado a la conclusión de que el plazo de fabricación era proporcional a los tiempos de preparación, utilizando para ello la siguiente ilustración.

Sea,

T = Tiempo de trabajo de un día, o sea 480 minutos

S = Tiempo total de preparación para todos los productos, suponiendo que S es independiente de la secuencia de productos.

tmi = Tiempo de proceso unitario para el producto de orden i.

di = Demanda del producto de orden i por día

x = Plazo de producción para todos los productos (en número de días).

Qi = Tamaño de lote para el producto de orden i

Entonces, $$T \cdot x = S + \sum_i t_{mi} \cdot d_i \cdot x.$$

Y de ahí, $$x = \frac{S}{T - \Sigma t_{mi} \cdot d_i}.$$

	Toyota	A(USA)	B(Suecia)	C(Alemania Occidental)
Tiempo de preparación (horas)	0-2	6	4	4
Número de preparaciones por día	3	1	-	0.5
Tamaño de lote	Consumo De 1 día	Consumo de 10 días	Consumo de un mes	-
Golpes por hora	500-550	300	-	-

* Para productos de demanda inferior (inferior a 1 000 unidades por mes) llega a alcanzar el consumo de 7 días.

Cuadro 1. Características de Productividad de la Planta de Prensas (Capó y parachoques)

	Planta Takaota de Toyota	A(USA)	B(Suecia)	C(Alemania Occidental)
Número de empleados	4.300	3.800	4.700	9.200
Número de elementos producción por día	2.700	1.000	1.000	3.400
Horas-hombre para completar un vehículo	1-6	3-8	4-7	2-7

Cuadro 2. horas-hombre Necesarias Para Completar un Vehículo en Plantas de Montaje de Automóviles en los Principales Países				
	Toyota	A(Japón)	B(USA)	C(USA)
1960	41	13	7	8
1965	66	13	5	5
1970	63	13	6	6

Cuadro 3. Rotación de los Activos Circulantes en Empresas Automovilistas del País Importantes.

Año	Número total de propuestas	Número de propuestas per cápita	Aceptación
1965	9.000	1,0	39%
1970	40.000	2,5	70%
1973	247.000	12,5	76%
1976	380.000	15,3	83%

Cuadro 4. Variación del Número de Propuestas de Mejora Anuales Per Cápita y Tasa de Aceptación.

El plazo de fabricación es proporcional al número de preparaciones para un conjunto dado de tmi y d, para todos i = 1, 2,. . ., n. Y el tamaño de lote para cada producto Q es:

Qi d x para la todos i= 1,2 n...

Se han hecho mejoras en ingeniería de producción para reducir el número de preparaciones desde 1971. Hemos logrado reducir el tiempo de preparación hasta 10 minutos en la línea de prensas de 800 toneladas, del capó, parachoques y otros, mientras antes se tardaba 1 hora. (En las condiciones actuales de los países occidentales, 4 a 6 horas según puede verse en el Cuadro 1).

El resultado: la situación actual de Toyota

Tal como se ha expuesto anteriormente, T 6yota ha creado un sistema de producción exclusivo a lo largo de su historial de más de 20 años. Los resultados son los siguientes:

(1) La productividad d-e la mano de obra es la más alta entre las industrias del automóvil de los principales países (Cuadro 2).

(2) La tasa de rotación de los activos de producción también es sumamente elevada (Cuadro 3).

(3) El número de propuestas y tasa de aceptación en un sistema de propuestas muestra la situación de que los operarios participan positivamente en las mejoras (Cuadro 4). –

REFERENCIAS

JAPAN INDUSTRIAL MANAGEMENT ASSOCIATION, 1975, Handbood of Industrial Engineering (En Japonés), (Tokio: Maruzen).

MURAMATSU, R., 1977. Production Planning and Production Control (en Japonés), (Tokio: K.igyo.Shindan-Tsushin-Gakuin); 1976, Production Control (enJaponés), (Tokio: Asakura.Shoten).

TOYOTA MOTOR CO., LTD., 1973, Toyota Production System (en Japonés) (inédito).

Anexo 5

Diseño y Análisis del Sistema de Arrastre. Un Método de Control de Producción de etapas Múltiples.

OSAMU KIMURA + y HIROSUKE TERADA +

Clasificamos los sistemas de control de producción para un proceso de producción de etapas múltiples en dos tipos: sistemas de empuje o sistemas de arrastre.

El primero es un método convencional en el cual, se prevé la existencia de piezas en cada etapa, considerando el tiempo de flujo total hasta la terminación del proceso en la última etapa. El control de producción y de existencias se basa en el valor de las previsiones.

El segundo es el sistema propuesto en este artículo, en el cual se mantiene una cierta cantidad de existencias en cada etapa, y cuya reposición viene ordenada por el proceso siguiente, a razón de su consumo.

Hemos formulado un sistema de arrastre y presentamos un modelo de simulación de fluctuación en. producción y existencias a través de todo el proceso, en forma de parámetros del sistema tales como tamaño de lote, plazo de producción, etc.

Introducción -

El sistema convencional de pedidos de producción y sus problemas

En general un proceso de fabricación de etapas múltiples exige unas previsiones de producción basadas en un plazo de fabricación más largo que el margen de retraso en las entregas. Podemos clasificar los sistemas de control de producción, en los dos tipos siguientes:

(1) Los sistemas de empuje (push): Estos sistemas prevén la demanda de las existencias de piezas o material en curso en cada etapa, considerando el tiempo de flujo hasta la etapa final. Basándose en este valor de previsión, controlan todas las etapas múltiples justificando las existencias de productos finales y piezas en cada proceso. A ésto lo llamamos un sistema de pedido de producción del tipo de empuje, o abreviadamente un sistema de “push”.

(2) Los sistemas de arrastre (pull): En cada etapa hay una cierta cantidad de existencias. Un proceso siguiente ordena y retira piezas del almacén del proceso anterior, solamente a la velocidad y en el tiempo en que haya consumido los elementos. A esto lo llamamos un sistema de órdenes de producción de tipo de arrastre, o simplemente un sistema de “pull”.

La mayoría de los sistemas de control de producción convencionales pertenecen a la primera especie. Cuanto mayor llegue a ser un sistema, tanto más inherentes le son los siguientes problemas:

(a) Cuando se producen unos cambios drásticos de demanda o problemas en la producción, resulta virtualmente imposible renovar el plan de producción para cada proceso. Por lo tanto es probable que esas dificultades den lugar a exceso de existencias o incluso a existencias obsoletas.

(b) Al personal de control de producción le resulta prácticamente imposible examinar todas las situaciones relacionadas con la velocidad de producción y nivel de existencias. Por este motivo, es preciso que el plan de producción tenga unas existencias de seguridad en exceso.

(c) No pueden efectuarse mejoras respecto al tamaño de lote y sincronización de procesos, porque resulta demasiado engorroso calcular con detalle los planes óptimos de producción.

El "sistema pull" ha sido creado como medida para resolver esos problemas. Podemos lograr mejoras, siempre y cuando sea posible reponer el elemento de forma sencilla y fiable, a la velocidad en que lo haya consumido el proceso siguiente.

Objetivos de! sistema de arrastre (pull)

En procesos de producción de etapas múltiples, incluyendo suministradores exteriores

(1) Evitar la transmisión de unas fluctuaciones de demanda amplificadas o del volumen de producción de un proceso siguiente

al proceso anterior. - - -

(2) Reducir al mínimo las fluctuaciones de las existencias en curso, con el fin de simplificar el control de existencias.

(3) Elevar el nivel de control del taller por medio de descentralización: dar a los supervisores o encargados del taller un papel en el control de la producción, así como en el control de existencias.

Objetivos de esta presentación. -

El objetivo de esta presentación es el de demostrar que el sistema "pull" satisface realmente los objetivos arriba indicados. Consideramos especialmente la influencia de las fluctuaciones de demanda o volumen de producción en un proceso siguiente, sobre la fluctuación de producción y existencias en el proceso anterior, expresado por las características de los parámetros relevantes del sistema tales como la unidad de pedido y el plazo de producción a partir del pedido hasta la entrega.

Exposición del sistema "pull"

Metodología del sistema "pull"

Tal como se ha definido anteriormente, el sistema "pull" se caracteriza por:

(1) Mantener en cada etapa las existencias en un determinado nivel.

(2) Un proceso siguiente pide al proceso anterior lo que ha consumido, con el fin de reponer los materiales.

Para llevar a la práctica este sistema, se siguen los siguientes procedimientos:

(a) Establecer un punto de reposición de pedido estándar y un tamaño de lote estándar.

(b) Conocer el nivel de existencias y los pedidos retrasados, en todo momento.

(c) Hacer una comprobación continua del nivel y de las órdenes de reposición de los elementos que estén por debajo del punto de reposición de pedido.

El sistema deberá satisfacer todos los requisitos antes mencionados. Sin embargo es muy difícil diseñar un sistema que cumpla todas las condiciones anteriores en un proceso de producción complejo de etapas múltiples, debido al coste y a las prestaciones necesarias para lograr salvar el conflicto de la condición (2).

En Toyota Motor Co., Ltd., hemos enfocado este problema mediante el Kanban, una especie de ficha.

Kanban -

En el Kanban figura la información indicada a continuación.

(1) Nombre de la pieza, número de la pieza.

(2) Cantidad designada, que generalmente es igual a la capacidad de un contenedor. El punto de reposición de pedido y la cantidad de pedido son iguales al tamaño del contenedor, multiplicado por un número entero.

(3) Proceso anterior: taller de fabricación, línea de montaje o emplazamiento de almacén. -

(4) Proceso siguiente (como los anteriores) -

Como referencia se especifican también otras informaciones tales como el tipo de embalaje y el número de Kanban idénticos emitidos. En la Fig. 1 puede verse un formato típico de un Kanban

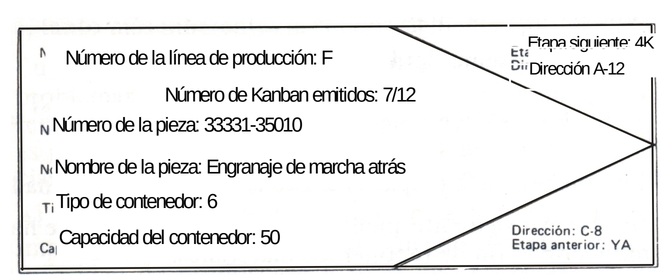


Fig. 1. Disposición del Kanban

Procedimiento de utilización

(1) Kanban de producción (en proceso)

Las piezas que se procesan en una determinada etapa se colocan en un contenedor. Al contenedor se le une o cuelga un Kanban y a continuación se almacena en el lugar designado por el Kanban (ver Fig. 2 (1)).

Cuándo un proceso siguiente retira esta pieza o material) un operario saca el Kanban y lo coloca en una caja de Kanban (ver Fig. 2. (2)). Los Kanbans se recogen de la caja periódicamente y se cuelgan en ganchos en un panel de programación. La secuencia de los diversos Kanban en el panel indica a los operarios el orden de despacho de los trabajos en el proceso (Fig. 2. (3)).

Un operario produce diversos elementos, de acuerdo con la secuencia de los distintos Kanban que hay en el panel, según lo indica ¿n Kanban, y al ritmo que se establece de antemano. El Kanban propiamente dicho se desplaza en el proceso junto con la primera unidad del lote (Fig. 2. (a)).

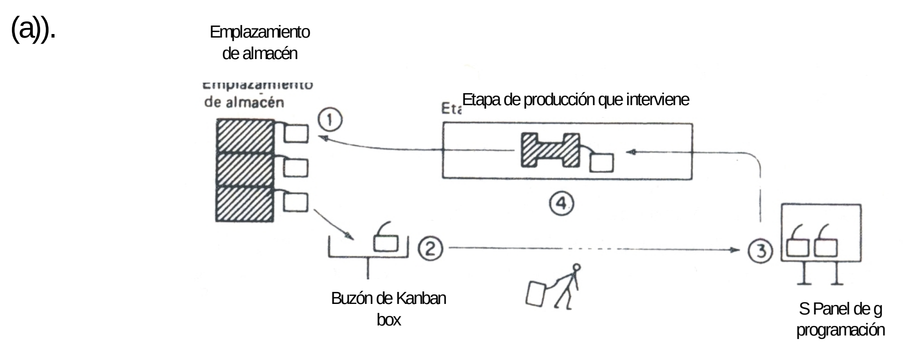


Fig. 2. Procedimiento Recurrente del Kanban de Producción

Se repite el proceso al y la producción continua de forma efectiva.

Hemos de tener en cuenta que en el procedimiento (2) existe la probabilidad de que, si el proceso siguiente nunca retira material del proceso anterior, entonces el Kanban ni se recoge de la caja de Kanban ni se cuelga en un gancho del panel de programación. En consecuencia, este elemento nunca se procesa en este taller.

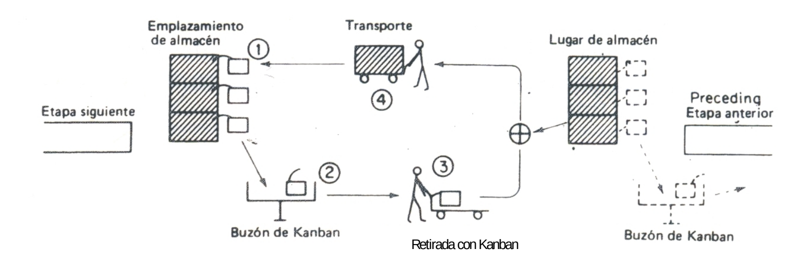


Fig. 3. Procedimiento Recurrente del Kanban de transporte

(2) Kanban de transporte (inter-procesos)

El procedimiento de funcionamiento del Kanban de transporte actúa justamente igual que el de un Kanban de producción, considerando el transporte como una operación semejante a la fabricación (Fig. 3).

También debemos tener en cuenta la regla de que las retiradas son iguales a lo que indica el Kanban y que no se retirará nada a menos que haya un Kanban-en la caja.

En la Fig. 3, las líneas de trazos implican un Kanban de producción y sus movimientos en el proceso anterior. Cuando se retira del almacén material o piezas, se intercambia un Kanban de producción en el contenedor, por un Kanban de transporte. El Kanban de producción que se haya retirado se pasará a un buzón de Kanban de producción.

Tal como hemos ilustrado anteriormente, la tasa (cantidad) de producción del proceso siguiente se transmite al proceso anterior a través de los Kanban de producción y los Kanban de transporte. El total de Kanbans en un proceso de producción de etapas múltiples de esta clase mantiene la producción completa a través de todas las etapas.

Plan de producción para ajustar instalaciones, mano de obra y materias primas.

Desde que utilizamos el sistema de arrastre, únicamente damos un plan de producción detallado a la etapa final. El plan de producción detallado es un programa diario, y no un plan de producción a largo plazo, para ajustar las instalaciones, mano de obra y materias primas que requieran unos plazos de producción más largos como previsión. Un plan de este tipo se entrega a cada etapa con mucha anticipación, teniendo en cuenta los plazos de producción necesarios.

Formulación del sistema

Formulamos el sistema “pull” de arrastre para aclarar las características del sistema e ilustrarlo en la forma siguiente. Consideramos aquí el sistema simplemente como un proceso en serie de etapas múltiples con un único elemento.

Notación

t período

n

O_t^n cantidad de pedido de producción (transporte) para la etapa de orden n del período de orden t

P_t^n cantidad de producción para la etapa de orden n en el período de orden t

I_t^n existencias de producto terminado en la etapa de orden n al final del período de orden t

M^n unidad de pedido (número de unidades indicada en un Kanban)

Z_t^n resto de la división del por M^n

C^n capacidad de producción de la etapa de orden n

L_1^n tiempo de flujo entre el momento en que se retira un Kanban 1 de un contenedor y el momento en que comienza la producción (o el transporte).

L_2^n tiempo de flujo entre el momento en que comienza la producción y el momento en que se termina la operación

D_t demanda de producto final en el período de orden t

$\hat{D}_{t,t+L}$ previsión de demanda el final del período de orden t, para el período (t+L)

Gráfico del flujo de información y materiales

El flujo de información y materiales del sistema de tracción se ilustra en la Fig. 4.

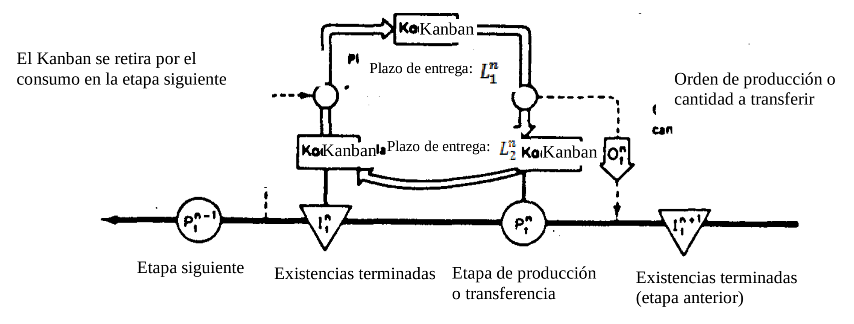


Fig. 4. Grafico de Flujo del Sistema de Traccion

Notas: ← : Flujo de materiales
⟹ : Flujo de Kanban
••◆ : Flujo de información de periodo a través de Kanban

Ecuación básica del

En el sistema de arrastre (“pull”), se retira un Kanban de un contenedor cuando se haya utilizado la primera pieza de su contenido, por lo tanto, en cada estación de existencias, un contenedor tiene un contenido que ha sido utilizado parcialmente y del cual ya se ha retirado el Kanban. Los demás contenedores llevan el contenido completo y llevan unido el Kanban. Sea Z_t^n el número de contenido utilizado parcialmente, escrito en forma siguiente:

$$Z_t^n = \text{Mod}\,(I_t^n, M_t^n)$$

donde el símbolo Mod (A,B) significa el resto de A/B. El número de Kanban retirado de los contenedores en las existencias de orden n viene determinado por la cantidad de producción P_t^{n-1} de la etapa siguiente.

Pero la parte de P_t^{n-1} que corresponde como mucho a Z_{t-1}^n, podría cubrirse con el material del contenedor del cual ya se ha retirado el Kanban.

Por lo tanto:

$$\left.\begin{aligned} X &= P_t^{n-1} - Z_{t-1}^{n} \qquad (P_t^{n-1} \geqslant Z_{t-1}^{n}) \\ &\text{or} \\ X &= 0 \qquad\qquad\qquad (P_t^{n-1} < Z_{t-1}^{n}) \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Corresponde a una cantidad de material indicado por el número de Kanban retirados en este período. Entonces el número de Kanban retirados en el período de orden $\underline{t}$ es

$$\left[\frac{X}{M^n}\right]_+ = \left[\frac{\max(0,\ P_t^{n-1} - Z_{t-1}^{n})}{M^n}\right]_+$$

El símbolo [A] + significa el símbolo de Gauss elevando A a una unidad. Después del período L^n_1, los Kanban que se han retirado se suman a las órdenes para la etapa de producción de orden n. Por lo tanto la orden de producción O^n_t es:

$$O_t^n = \left[\frac{\max(0, P^{n-1}_{t-L_1^n} - Z^n_{t-L_1^n-1})}{M^n}\right]_+ M^n + O^n_{t-1} - P^n_{t-1} \qquad (2)$$

Donde $O^n_{t-1} - P^n_{t-1}$ es el pedido retrasado al final del periodo anterior.

La cantidad de producción es:

$$P_1^n = min\left(O_t^n \cdot C^n \cdot I^{n+1}_{t-1} + P^{n+1}_{t-L_2^{n+1}}\right) \qquad (3)$$

Donde $I^{n+1}_{t-1} + P^{n+1}_{t-L_2^n}$ significa las limitaciones de existencia fabricadas en la etapa anterior -

El nivel de existencias de orden n viene dado por:

$$I_t^n = I_t^{n-1} + P^n_{t-L_2^n} - P_t^{n-1} \qquad (4)$$

Las ecuaciones (2) — (4) anteriores, constituyen las ecuaciones básicas del sistema de arrastre.

Análisis de las fluctuaciones de producción y existencias

Con una cantidad de pedido unitario relativamente pequeña -

Fluctuaciones de producción.

Cuando la cantidad de pedido unitario M^n es relativamente pequeña en comparación con la cantidad de producción P^n_t podemos hacer

$$\left[\frac{\max\left(O, P^{n-1}_{t-L^n_1} - Z^n_{t-L^n_1-1}\right)}{M^n}\right]_+ M^n \doteq P^{n-1}_{t-L^n_1} \quad (5)$$

y entonces, teniendo en cuenta (2)

$$O^n_t \doteq P^{n-1}_{t-L^n_1} + O^n_{t-1} - P^n_{t-1}$$

En los casos en que no haya limitaciones de capacidad de producción C^m y las existencias de la etapa anterior I^{n+1}_t entonces se escribiría (3) en forma siguiente:

$$P^n_t = O^n_t \quad (6)$$

y teniendo en cuenta (5) y (6)

$$\begin{aligned} P^n_t &= P^{n-1}_{t-L^n_1} \quad (7)\\ &= P^{n-2}_{t-(L^n_1+L^{n-1}_1)}\\ &\vdots\\ &P^1_{t-(L^n_1+L^{n-1}_2+\dots+L^2_1)} \quad (8)\end{aligned}$$

Como consecuencia, cuando la cantidad de pedido unitario en un sistema de arrastre es relativamente pequeña en comparación con la cantidad de producción, entonces la fluctuación de producción de las etapas sucesivas se transmite a las etapas anteriores en una forma que es idéntica a la de la disposición original. La diferencia de tiempo entre ellos es igual a la suma del tiempo de flujo entre el momento en que se retira un Kanban de un contenedor y el momento en que comienza la producción.

Especialmente en los casos en que la serie de producción de la etapa final $\{P^1\}$ son independientes mutuamente, entonces la variación de $\{P^n_1\}$ es

$$V(P^n) = V(P^{n-1}) = \dots = V(P^1) \quad (9)$$

Con la definición de relación de amplificación:

$$\mathrm{Amp}\,(P^n) = \frac{V(P^n)}{V(P^1)}$$

y teniendo en cuenta (9)

$$\mathrm{Amp}\,(P^n) = \mathrm{Amp}\,(P^{n+1}) = \dots = 1$$

Fluctuación de existencias

De (7) tenemos $P^n_{t-L^n_1} = P^{n-1}_{t-(L^n_1+L^n_2)}$ (10)

Y de ahí teniendo en cuenta (4)

$$I_t^n = I_{t-1}^n + P_{t-(L_1^n+L_2^n)}^{n-1} - P_t^{n-1}$$

Resolviendo esta ecuación obtenemos

$$I_t^n = A - \sum_{R=t-(L_1^n+L_2^n)+1}^{t} P_R^{n-1} \qquad (11)$$

donde

$$A = I_0^n + \sum^{R\leqslant 0} P_R^{n-1}$$

es la condición inicial.

Cuando $\{p_t^1\}$ son mutuamente independientes, entonces obtenemos de (1)

$$V(I^n) = (L_1^n + L_2^n)V(P^{n-1}) \qquad (12)$$

Sustituyendo (9) en (12) obtenemos

$$V(I^n) = (L_1^n + L_2^n)V(P^1)$$

Sea

$$\mathrm{Amp}\,(I^n) = \frac{V(I^n)}{V(P^1)} \qquad (13)$$

Y entonces de (13) tenemos

$$\mathrm{Amp}\,(I^n) = \frac{V(I^n)}{V(P^1)}$$

$$\mathrm{Amp}\,(I^n) = L_1^n + L_2^n \qquad (14)$$

$L_1^n + L_2^n$ indica el tiempo de flujo entre el momento en que se retira un Kanban de un contenedor y el momento en que se termina la producción de la etapa.

Por lo tanto en el sistema de arrastre, si la fluctuación de $\{P^1\}$ es mutuamente independiente, entonces la fluctuación de existencias en cada etapa se amplifica en comparación con la fluctuación de la etapa final $\{P^1\}$ El grado de amplificación va siendo mayor en proporción al tiempo de flujo entre el momento en que se retira un Kanban de un contenedor y el momento en que se termina la producción de la etapa. Sin embargo esta amplificación no va en aumento al ir subiendo corriente arriba en la producción.

Hasta ahora hemos supuesto que no hay restricciones en la capacidad de producción y en el nivel de existencias. Si hay estas restricciones, entonces los valores superiores de la serie {pnt} están limitados bajo el nivel de C o de ¡n+1 + pn+l + 1 (ver ecuación 3), de manera que en este caso las fluctuaciones van siendo menores que en el caso de que no haya limitaciones. Pero al ser menores las fluctuaciones habrá un aumento de pedidos retrasados y habrá retrasos en la

producción. En cualquier caso, se trata de unos problemas de gestión distintos a los objetivos de nuestra investigación.

Con una cantidad de pedido unitario relativamente grande en el caso en que la cantidad de pedido unitario M de la etapa de orden n es relativamente grande en comparación con la cantidad de producción P1' entonces la ecuación (2) que nos da la cantidad de producción O no se puede considerar como una aproximación de la ecuación (5), por lo tanto resulta difícil para analizarla teóricamente. Por este motivo tratamos de hacer aquí un análisis por el método de simulación.

Notación

O_t^n cantidad de pedido de transporte desde la etapa de orden n a la etapa de orden (n-l), en el período de orden t.

R_t^n cantidad de transporte de la etapa de orden n a la etapa de orden (n-l), en el período de orden t.

B_t^n cantidad de existencias llevadas desde la etapa de orden (n+l) esperando ser procesada en la etapa de orden n, al final del período de orden t.

$L_{P_1}^n$ el mismo significado de L_1^n que se definió con anterioridad.

$L_{P_2}^n$ el mismo significado de L_2^n que se definió con anterioridad.

$L_{H_1}^n$ tiempo de flujo entre el momento en que se retira un Kanban de un contenedor y el momento en que comienza el transporte.

$L_{H_2}^n$ un tiempo de flujo entre el momento en que se comienza transporte y el momento en que se termina la operación.

S° stock de seguridad del producto final. -

Modelo de simulación

(1) Figura general del modelo, ilustrado en la Fig. 5. Se trata de un proceso de etapas múltiples de un sólo elemento que consiste en n etapas de producción y n etapas de transporte, desde cada etapa a la etapa siguiente.

(2) Demanda del producto final D_t; distribución normal de la me día D, varianza σ_D^2, siendo ya conocidas ambas.

(3) Sincronización de la producción y del transporte; la producción y el transporte empiezan al comienzo de cada período.

(4) Ecuación del sistema

Cantidad de existencias de la etapa final -

$$B_t^0 = B_{t-1}^0 + R_{t-L_{H_2}^1}^1 - D_t \qquad (15)$$

Expedición del producto

$$R_t^1 = I_{t-1}^1 \qquad (16)$$

Cantidad de existencias antes del envío --

$$I_t^1 = P_{t-L_{P_2}^1}^1 \qquad (17)$$

Cantidad de pedido de producción en la primera etapa (adoptamos el sistema de empuje solamente para la etapa final).

$$O_t^1 = \hat{D}_{t-1,t+L} + \hat{D}_{t-1,t+L-1} - P_{t-1}^1 - B_{t-1}^0 + S^0 \qquad (18)$$

siendo $L = L_{P_2}^1 + L_{H_2}^1$

Las ecuaciones correspondientes a producción, transporte y existencias de la segunda etapa, se hallarán por el mismo método antes
mencionado. -

Valor de datos y parámetros introducidos.

(1) t 1, 2, 3, ..., 100

(2) D_t $\bar{D} = 100 \quad \frac{\sigma_D}{\bar{D}} = 0.1$

(3) $\hat{D}$ $\bar{D}$

(4) n 5

(5) I_0^n, C^n cifras muy grandes

(6) $L_{P_1}^n = L_{P_2}^n = L_{H_1}^n = L_{H_2}^n = 0 \ (n = 1, 2, \ldots, 5)$

Resultados experimentales

En las condiciones arriba mencionadas, el experimento efectuado cambiando la unidad de pedido M', dio el resultado representado en
lasFigs.6y7.

En el caso del sistema de arrastre, las fluctuaciones de producción y existencias van siendo mayores según van siendo mayores las cantidades de pedido unitario en comparación con el nivel de cantidad de producción, si bien la fluctuación no se ve amplificada al ir a etapas anteriores.

Comparación con el sistema de empuje

Con el fin de comparar los sistemas de empuje y de arrastre, respecto a la influencia que tiene la fluctuación de producción de las etapas sucesivas en la de las etapas anteriores, se han ilustrado en las Figs. 8 y 9 los resultados experimentales del sistema de empuje (que ha sido hallado por Mr. Y. Tanaka y T. Tabe de la Universidad de Waseda) así como el resultado del sistema de arrastre de este misma investigación.

El valor de los datos y parámetros introducidos son los mismos
excepto $L_{P_1}^n = L_{P_2}^n = L_{H_1}^n = L_{H_2}^n = 0$, y la cantidad de pedido unitario M en el sistema de empuje es siempre "1". Los detalles del modelo de sistema de empuje pueden verse en Muramatsu y a1.

Tal como indican estas cifras, en el caso del sistema de empuje, la fluctuación está más amplificada en las etapas más anteriores. Esto es consecuencia de los errores de previsión. Por lo tanto es necesario mantener el parámetro de control a nivel adecuado en el caso de sistema de empuje. Por otra parte, en el caso del sistema de arrastre, la relación de amplificación va siendo mayor al ser mayor la unidad de pedido. Por lo tanto será necesario intentar reducir al mínimo la unidad de pedido.

Conclusiones

(1) En el caso del sistema de arrastre es muy importante el tamaño dé la unidad de pedido. En aquellos casos en que este tamaño sea pequeño en comparación con el nivel de cantidad de producción, la fluctuación de la producción no se verá amplificada en la etapa anterior. La amplificación resultará cuando el tamaño sea bastante grande, si bien también en este caso la amplificación no se va aumentando más en las etapas anteriores.

(2) En el caso del sistema de empuje, se producen amplificaciones de las fluctuaciones de producción y existencias por influencia de los errores de previsión. En lo que se refiere a la amplificación, la elección entre los sistemas de empuje y de tracción viene determinado por el grado de errores cometidos en la previsión.

(3) El otro factor en los parámetros del sistema de arrastre que afecta a la tasa de amplificación es el “plazo de producción” a partir del momento en que se retira un Kanban de un contenedor

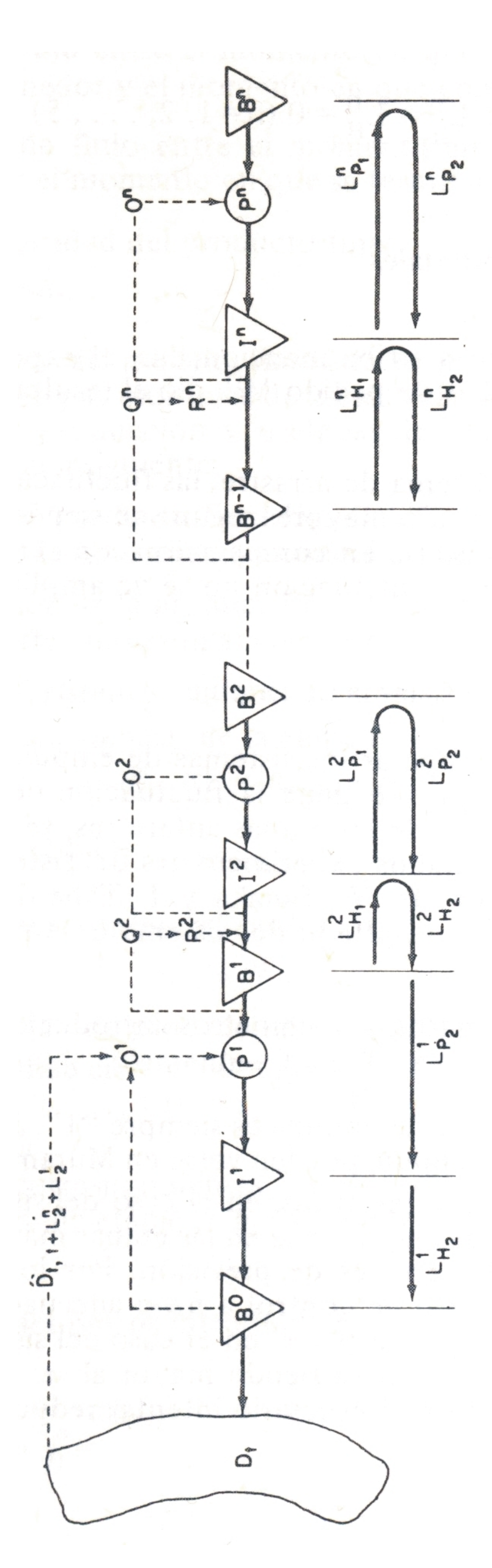


Fig. 5. Gráfico Conceptual del Modelo de Simulación

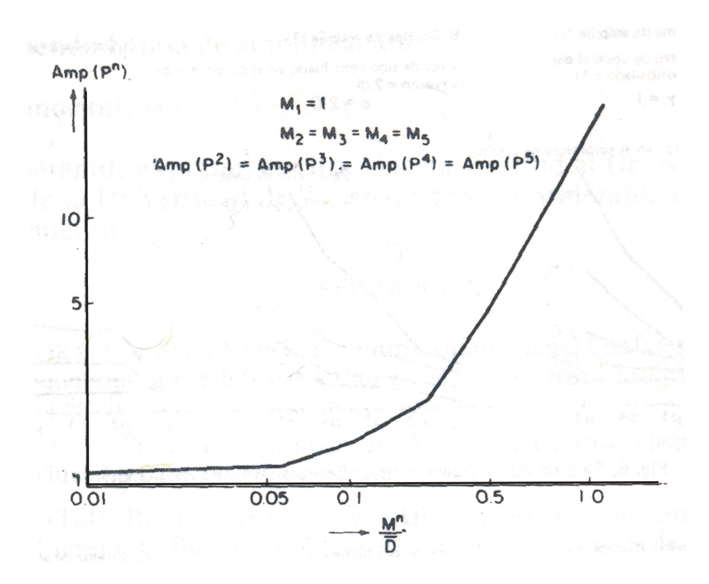


Fig. 6. Influencia de la Unidad de Pedido M Sobre la Fluctuación de la Producción

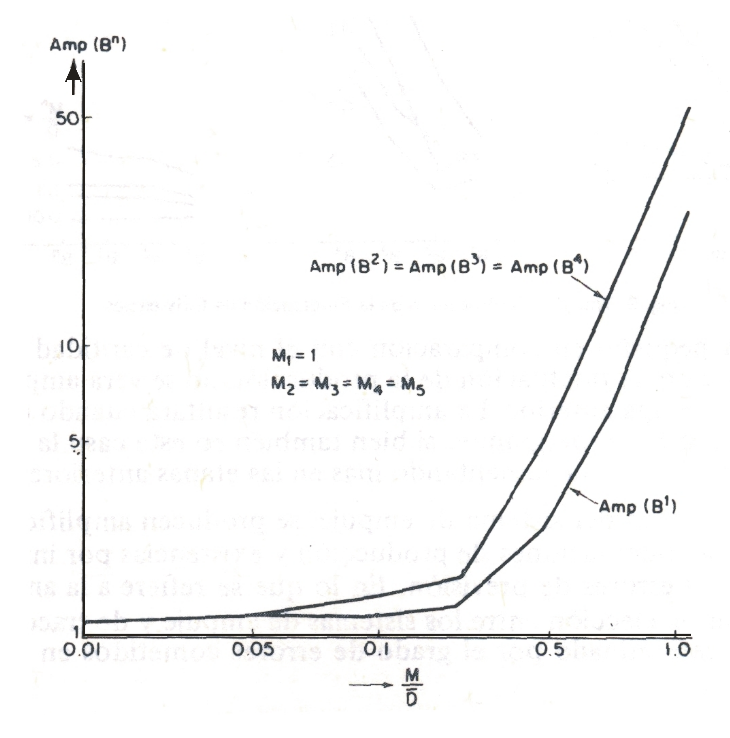


Fig. 7. Influencia de la Unidad de Pedido M’ Sobre la Fluctuación de Existencias

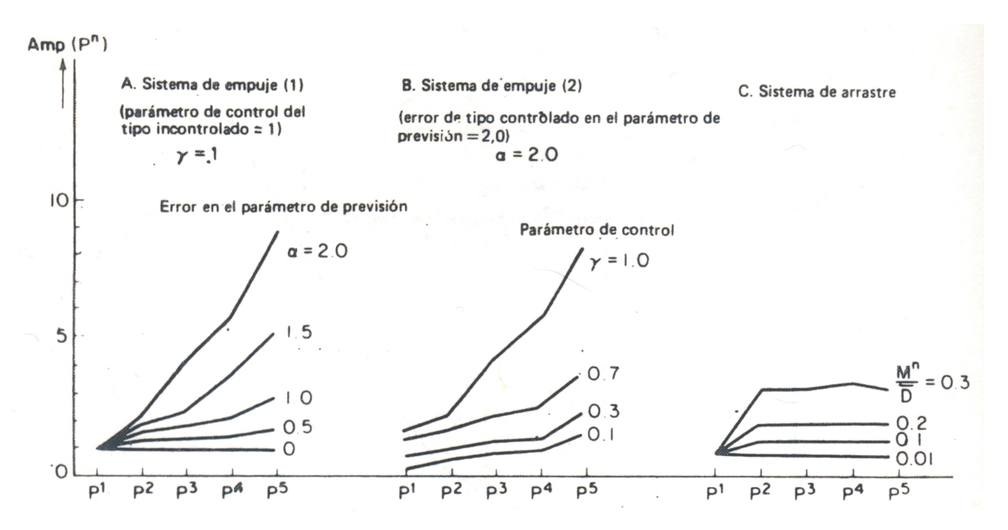


Fig. 8. Tase de Amplificación de la Fluctuación de Producción

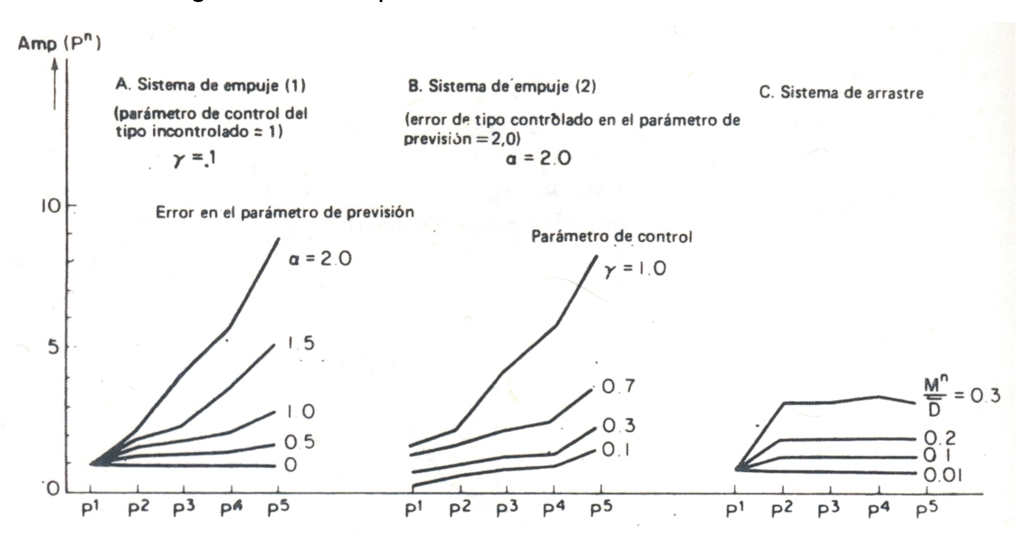


Fig. 9. Tese de Amplificación de la Fluctuación de existencias

hasta el momento en que se termina la producción de la etapa. Cuando más largo sea el plazo de entrega, tanto mayor va siendo la tasa de amplificación.

Reconocimiento.

Quisiéramos expresar nuestra sincera gratitud al Dr. Rintaro Muramatsu de la Universidad de Waseda, por su considerable instrucción y asesoramiento.

REFERENCIAS

KUSUNOKI, K.y SUGIMORI, Y., Fourth International Conference on Frociuction Research (Cuarta Conferencia Internacional sobre Investigación de la Producción). Cinco documentos.

MAGEE, 3. F., Production planning and inventory control (Planificación de la producción y control de existencias).

MURAMATSU, R., TANAKA, Y., y TABE, T., Analysis of production order and inventory fluctuations. (Análisis de las fluctuaciones de los pedidos de producción y existencias). Quinta Conferencia Internacional sobre Investigación de la Producción. Sesión libre.



Bibliografia

Bibliografía y Referencias

Literatura inglesa

AIAG and APICS. Proceedings of the Prcduction and inventory Control Conference, Fall 1981, Sponsored by Detroit chapter of APICS and Automotive Industry Action Group;
Aisin Seiki Co., Ltd. “Outline of Shiroyama Plant.” Pamphlet, September 1981.
“Outline of Shinkawa Plant.” Pamphlet. September 1981.
American Machinist. “Kanbans are Discovered”. February 1981. p. 222.
American Machinist. “Japan’s Twenty.Firm Joint FMS Plan.” February 1981. pp. 98-100..
American Production and lnventory Control Society. Pittsburgh Chapter. Proceedings form “Productivity: The Japanese Formula.” October 1980.
Ashburn. A. “Toyota’s Famous Ohno System.” American Machinist, July 1977. PP. 120-123.
Bodek. N., and Scanlan. J. Quality Control Circles: A Practical guide.
Productivity. Inc. 1981. - -
Bodek. N., ed. “Kanban - The Coming Revolution”Pioductivity 1(7): December 1980. pp. 1-2.
Bodek. N., ed. Productivity: Three Practical Approaches. Proceedings of the Productivity Seminar held by Productivity. Inc. February 23. 1981.Chicago.
Bunke. H. C. “A Japanese Pilgrimage.” Business Horizons 24(3): 1981. PP. 2-9.
Butt. D. “Just-in-Time in Lincoln, Nebraska: Why and How.” In Bodek (1981)..
Byron. C. “How Japan Does It.” Time, March 30, 1981,pp. 54-60.
Cho. F. and Makise. K. “Toyota’s Kanban. The Ultimate in Efficiency and Effectiveness. “ American Production and Inventory Control Society, 1980.
Cole, R. E. Work, Mobility, andParticipadon: A Comparative Study of American and Japanese Jndustry. University of California Press, 1979.
Cook, J. “A Tiger by the Tail.” Forbes, April 13, 1981, pp. 119-128.
Drucker, P. F. “What Wc Can Learn From Japanese Management.” Harvard Business Review, March-April 1971.
______________________“Behind Japan’s Success. “Harvard Business Review. January-February 1981.
Ellis, H. B. “U.S. Production, Japanese Style: Kawasaki Motorcycle Plant in Nebraska.” The Christian Science Monitor, March 6, 1981, p.l.
Feigenbaum, A.V. Total Quality Control. New York: McGraw-Hill, 1961. Fortune. “How the Japanese Manage in the U.S.” June 15, 1981, pp. 97-103.
Fujimoto, K. “Serving the Big Manufacturers: How to Cope with Short Lead Time and Changing Delivery Schedules.” American Production and Inventory Control Society. 1980.
Hall, R.W. and Vollman, T.W. “Planning Your Material Requirement.” Harvard Business Review, September-October 1978.
Hall, R.W. Driving theProductivity Machine. Production Planning and Control in Japan. American Production and lnventory Control Society. 1981.
___________________ The Toyota Kanban System”. Article presented at The Japan-United States Business Conference, October 4-7, 1981.
Harsch, J. “U.S. Executives Eager To Import Ringi, Ukezara.” The Christian Science Monitor,, March 6, l981,p.l.
Japan Management Association. Proceedings of the International Conference on Productivity and Quality Improvement - Study of Actual Cases. Tokyo:
October 1980.
Kimura, O. and Terada, H. “Design and Analysis of Pull System - A Method of Multi-Stage Production Control.” International Journal of Production Research 19(3): 1981, pp. 241-253.
Kobayashi, S. “The Creative Organization: A Japanese Experiment.” In Organizational Behavior: A Book of Readings, 4th ed., edited by K. Davis. New

York: McGraw-Hill, 1974. -
Konz, S. "Quality Circles: Japanese Success Story." Industrial- Engineering, October 1979, Pp. 2427.
Kraft, J. "Japan's Sick of Being Punished for Excellence." Chicago Sun-Times, May 6,1981.
Lawrence, PR. and Lorsch, J.W. Organization and Environment:: Managing Differentiation and Integration. Harvard University Press, 1967.
Mammone, J.L. "A Practical Approach to Productivity Measurement." NAA Management Accounting, July 1980, pp. 40-44.
Monden, Y. "What Makes The Toyota Production System Really Tick?" Industrial Engineering, January 1981, pp. 36-46.
"Adaptable Kanban System Helps Toyota Maintain
Just-in.Time Production." Industrial Engineering. May 1981, pp. 2846.
"Smoothed Production Lets Toyota Adapt to Demand
Changes and Reduce Inventory." Industrial Engineering. August 1981, pp. 41-51.
____________________"How Toyota Shortened Supply Lot Production Time, Waitiiig Time and Conveyance Time." industrial Engineering. September 1981,pp. 22-30.
Mori, M. and Harmon, R.L. "Combining the Best of the West with the Best of the East - MRP and KANBAN Working'in Harmony." American Production and Inventorv Control Society. 1980.
Muramatsu, R. and Miyazaki, H. "A New Approach to Production Systems through Developing Human Factors in Japan." International Joumal of
Production Research 14(2): 1976, pp. 311-326. -
Muramatsu, R., Miyazaki, H., and Tanaka, Y. "An Approach to the Design of
Production Systems Giving a High Quality of Working Life and Productjon
Efficiency. "International Journal of Production Research 18(2): 1980,
pp. 131-141. -- -- ——–— - -
"Example of Increasing productivity and Product Quality through Satisfying the Worker's Desires and Developing the Worker's Motivation." AlÍE 1981 Spring Annual Conference Proceedings, Industrial Engineering and Management Press, pp. 652.660.
Nakane, J. "The Waseda University Report - From SEIBAN to KANBAN/MRP."
American Production and Inventory Control Society, 1980.
Nellemann, D. "Productivity - The Japanese Formula." In Bodek (1981). Nicholson, T. "GM Takes on the Japanese." Newsweek, May 11, 1981.
Okamura, K. and Yamashita, H "A Heuristic Algorithm for the Assembly Line Model-Mix Sequencing Problem to Minimiize the Risk of Stopping the Conveyor." International Journal of Production Research 17(3): 1979, pp. 233.247.
Patchin, R. "Quality Control Circles." In Bodek (1981).
Riggs, J.L. and Seo, K.K. "Wa: Personal Factor of Japanese Productivity" Industrial Engineering, April 1979, pp. 32.35.
Runcie, J.F. "By Days 1 Make the Cars." Harvard Business Review, May-June 1980.
Shingo, S. Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint. Japan Management Association, 1981.
Smith, L.F. "Japanese Productivity The Three-Pronged Attack." American Production and Inventory Control Society. 1980.
Stewart, W. "Productivity Measurement." In Bodek (1981).
Sugimori, Y.; Kusunoki, K.;Cho. F.;and Uchikawa,S. "Toyota Production System and Kanban System, Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Humanity System." International Journal of Production Research 15(6):
1977, pp. 553-564.
Toyota Motor Co., Ltd. Outline of Toyota, 1981 a. ____________________ Toyota Motor Co Ltd. Annual Report 1981 b.

Toyota Motor Sales, U.S.A., Inc. "Toyota, The Quality Story." In 1981 Cressida By Toyota pamphlet, 1980.
U.S. Department of Commerce, Bureau of International Commerce. Japan: The Government-Business Relationship. A Guide for the American Businessman,
1972.
Vogel, E.I. Japan as Number One: Lessons for America. Harvard University Press. 1979.
Waterbury, R. "How Does Just-in-Time Work in Lincoln. Nebraska?" Assembly Engineering. April 1981 a, pp. 52-56. -
- "Kanban Cuts Waste. Saves S with Minimum Effort." Assenbly Engineering, April 1981 b, pp. 52-56.
Yamada, T., Kitajima, S. and Imaeda, K "Development of a New Production Management System for the Co-elevation of Humanity and Productivity." International Journal of Production Research 18(4): 1980, pp. 427-439.
Yamazaki, K. "Engineers as Managers." Tradepia International, Winter 1980, pp.
20.21. -
Yoshimura, M. "Efficient Operation with Few People is Key Factor in High Productivity. "The Japan Economies journal, February 10, 1981.
Yoshino, M.Y .Japan's Managerial System, MIT Press, 1968: -

Literatura Japonesa

Akao, Y. “Functional Management and Departmental Management.” Hinshitsukanri 3l (5): 198O, pp. 14-18.
Aoki, S. “Functional Management as Top Management - Concepts at Toyota Motor Co., Ltd. and lts Actual Execution.” (1), (2), (3), Hinshitsukanri 32(2): l981,pp.92.9832(3): l981,pp.66-7l;32(4): 1981,pp.65-69.
Toyota, Its True Nature. Seki Bun Sha, 1978.
Arita, S. “A Consideration of the Effect of Smoothed Production on the Reduction of Work-in-Process lnventory.” Kojokanri 24(13): 1978, pp. 109-115.
Bingham, H.E., Wayman, R.W. and Brock, M.R. “Quality Controls in Japan and Western Countries: A Comparison. ”Hinshirsukanri 32(10): 1981, pp. 8-13.
Endo, K. “Toyota System - Image and True Nature.”Kojokanri 24(13): 1978, pp. 141-145.
Freund, R.A. “International Implications of Japanese Quality Control.” Hinshitsukanri 32(]0): l98l,pp. 21.26.
Fujii, F. “Company-Wide IB and PM Activities of Yasugi Denki Co. Which Archieved the Cost-Reduction Goal of 15°/o.” lE, May 1982, pp. 3 1-42.
Fujimoto, K. “Toward Eliminating the Attaching and Adjusting Mistakes in Punchpress Operations and the Work-in-Process Inventory.” Kojokanri 24(7): l978,pp. 25-31.
______________________“Increase of the Workshop Morale by a Unique Points Evaluating System and Various Contests.” lE, April 1980, pp. 72-77.
“Ideas of Variable Kanban System.” (1), (2), (3), (4), (5) lE, Jaunary 1982, pp. 18-26; February 1982, pp. 26-32; March 1982, pp. 40-47; April 1982, pp. 66-68; May 1982, pp. 44-48.
Fujita, A. “Merits and Faults of Toyota Production System. ”Kojokanri 24(13): 1978, pp. 120-124.
Fukushima, S. “Toyota’s Parts-Integration from Product-Planning Stage. ”IE, March 1978, pp. 58-63.
Furukawa, Y. “System Theory of Quality Control.” Operations Research, August 1981 ,pp.4434SO. -
Harazaki, I. “Multi-Functioned Worker Role in Many Varieties, Short-Run Production.” Kojokanri 27(2): 1981, pp. 86-87.
Hasegawa, M., Tanaka, T. and Sugie, K. “In-Process Quality Control for Each Job Position Realized Zero Delivery Claim at Akashi Kikai Co. Ltd.” Kojokanri 27(l): l98l,pp. 15-24. - -
Hashimoto, F. “Asignments to Realize the Unmanned Plant form Software Viewpoints. ”Koiokanri 27(4): 1981, pp. 26.36.
Hatano, T. “Vendor’s On-Line Delivery System Correspond to the Linebalanced Production. ”IE, January 1982, pp. 30-34.
Hattori, M. “Production System Adaptable to Changes - An Example of NipponDenso’s Mixed-Model High-Speed Automatic Assembly Line.” IE. January 1981,pp. 22.27. —
Hitomi, K. “A Consideration of the Toyota Production System.” Kojokanri 26(13): 1978, pp. 116-119. --------- -
“GT System for Many Varieties, Short-Run production. ” Kojokanri 25(8): 1979,pp. 111-119.
lijima, A. “Implementation of Company-Wide Quality Control at Toyota Auto Body Co., Ltd.” Hinshitsukanri 32(1): 1981, pp. 20-26.
Ikari, Y. Comparative Study, Japan s Automotive industry - Production Technology of Nine Advanced Companies. Nippon Noritsu Kyokai, 1981,
Ikeda, M. Informal History of Toyota. Sakichi, Risaburo, Kiichiro, Ishida, and Kamiya. Sancho Co., Ltd. 1980.

Ishibashi, Y. "flexible Manufacturing for Adapting to Environmental Changes." IE, April 1980,pp. 18.19.
lshikawa, IC. Japan's Quality Control. Nikka Giren, 1981.
lshikawa, K. and lsogai, S. "Introduction and Promotion of TQC: Functional Management." Hinshitsukanri 32(11): 1981, pp. 88-96.
lshitsubo, T. "Reduction of the Die-Change Time for the Washer Outside-Frame." Kojokanri 24(7): 1 978, pp. 40.44.
Itami, H. Beyond Japanese Management Toyokeizai Sinpo Sha, 1982.
Ito, T. "Complete Change in Thinking Lets Arai Seisakusho, Ltd. Promote Production Smoothing." Kojokanri 25(8): 1979, pp. 157.163,
lwai, M. "How the No. 1 improvement Proposers Are Making Their Ideas." President, December 1981, pp 146-1 55.
Kanpo. Questions by Ms. Michiko Tanaka to the Ministers of State. Proceedings of the House of Representatives, No. 4, October 7, 1977, pp. 62.66.
Kato, J. "Introduction of Robotics to the Manaufacturing Floor —Japanese Industrial Relations Will Not Break." Nippon Keizai Shinbun, May 3,1982.
Kato, T. "Revolutional Managment of Punch press Process - From the Introduction of Kanban System to the Scheduling by Microcomputer." (1-14) Press Gijutsu, 19(1.2): 1981; 19(4-13): 1981;20(l.3): 1982.
"New Production Management for the Punch press Process." (3)IE, December 1981, pp. 77-80.
Kawaguchi, H. "Visual Control at Toyoda Gosei's Cutting Operation Process." Kojokanri 26(13): 1980, pp. 26-33.
Kawashima, Y. (Colloq.) "Overseas Strategy of Honda, A Pioneer Company Which Extended to America." Kojokanri, 26(7): 1980, pp. 40-47.
Kikuchi, H. "Recent Problems Concerning the Subcontract Transactions." Kosei-Torihiki, November 1978, pp. 11-18.
Kisaka, M. "DATS System for Production Control at Daihatsu Diesel Co., Ltd." Kojokanri 25(8): 1979, pp. 164-173.
Knowles, R. "Quality Circles in England." Hinshitsukanri 32(10): 1981, pp.
27-31.
Kobayashi, I. "Remarkable Reduction in Time and Workforce by Applying the Single-Setup at Machining and Pressing Operations." Kojokanri 24(7): 1978, pp. 45-5 2.
"Flexible Manufacturing System Using VCS by Mitsubishi Heavy Industries, Ltd." Kojokanri 25(8): 1979, pp. 130-148.
Kojima, A. "Productivity Arguments in the United States." (1), (2) Nippon Keizai Shinbun, June 10-11, 1980.
Kojokanri, "Standard Operations and Process Improvements at Toyoda Gosei Co., Ltd." 24(13): 1978a, pp. 70-82.
"Improvements o(Production Processes at Jeco Co., Ltd. to Syncronize the Logistics Flow." 24(13): 1978b,pp. 53-69.
"Multi-Process Holdings. at the Casting Processes of Aisin SeikiCo.. Ltd. " 24(13): 1978c,pp. 83-88.
"A Case of the Auto-Parts Maker Who Realized Small Lot, Short-Cylce Delivery Vi MRP. " 26(1 2): 1980, pp. 61-67.
__________________"Production Revolution at Reviving Toyo Kogyo. Co., Ltd." 27(6):
1981a,pp. 17-37.
"Practices of the Small Lot, Mixed-Model Production System - Seven Cases." 27(7): 1981b, pp. 17.64.
Konno, K. "Small Group Activities of Honda's Overseas Plants Are Developing under Trial and Error. " IE, February 1982, pp. 18-23.

Kotani, 5. "On the Sequencing Problem of the Mixed Model Line." Japan Operations Research Society Spring Conference Proceedings. 1982, pp. 149-150.
Koura, K. "Quality and Economy." Operations Research, August 1981, pp.
437-442.
Kozu, S. and Fujibayashi, A. "MRP-Based Production Control System of Tomy Kogyo Co., Ltd. " Kojokanri 25(8): 1979, pp. 182-190.
Kubo, N. "Production Control at Yammer Diesel Co., Ltd. Synchronizes with the Master Schedule. "Kojokanri 25(8): 1979, pp. 149-1 56.
Kudo, H. "Industrial Robotics, Double.Edged Sword - Labor Management Policy Must Be Considered Now." Nippon Keizai Shinbun, March 1, 1982,
p.8. -
Kumagai, T. "Characteristics of Toyota Production System." Kojokanri 24(13):
1978, pp. 152-157.
Kuroda, H. "Single Setup at the Plastic Processing Helps Achieve Line Balancing." Kojokanri 24(7): 1978, pp. 32-39.
Kuroyanagi, M. "Visual Control of Aisan Kogyo's Machining Line." Kojokanri
26(13): 198O,pp. 15-25. -
Kusaba, et. al. "Report of the 1 lth Overseas Quality Control Observation Team." (2) Hinshitsukanri 32(10): 1981, pp. 58-64.
Maeda, S. "FMS without Failure - A Case of Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd." Nippon Keizai Shinbun, August 9, 1982.
Makido, T. "Recent Tendency of Cost Management Practices in Japan." Kigyo Kaikei, March 1979, pp. 126-132.
Matsumae, H. "Toyota Production System and VE." Kojokanri 24(13): 1978, pp. 149.152.
Matsuura, M. Secret of Toyota's Sales Power. Sangyo Noritsu Tanki Daigaku Publishing Division. 1979.
Matsuura, T., Ojima, T., and Ohmori, K. "Single-Setup at Punch Press and Resin-Molding Lines. "Kojokanri 24(7): 1978, pp, 53-58.
Minazu, K. "What We Learn from the Toyota Production System." Kojokanri 24(13): 1978, pp. 89-101.
"Eight Articles of Basic Know-How for Introducing the
Toyota Production System." Kojokanri 25(8): 1979, PP. 202-220.
Mizushima. T. and Keibu. J. "Plant-Wide Small Group Activities Can Reduce Twenty Percent of the Workforce." Kojokanri 26(7): 1980, Pp. 18-21.
Monden,,Y. "Integrated System of Cost Management." Sangyo Keiri, December 1978, pp. 21.26.
Mori, K. 'The Negative and the Positive of Toyota Production System for My Standpoint." Kojokanri 24(13): 1978, pp. 145-148
Mori, M. and Yui, N. "Comparison of Production Systems of Japan - U.S. Auto Makers - Productivity Improvement Strategy and System of U.S. Automobile Industry. "Kojokanri 28(8): 1982, pp. 17-65.
Mori, M. "Theory and Practice of MRP. "Kojokanri 25(8): 1979, pp. 80-95.
Morita, T. "TQC and Toyota Production System Applied Together to the Production Control of Akashi Kikai Co., Ltd." Kojokanri 25(8): 1979, pp. 174-J81.
"Technology Strategy of Nissan Motor Co., Ltd. to Win Out the Worldwide Small Car War." Kojokanri 26(1): 1980, pp. 62-67.
"Unmanned Machining Process and FCCS (Kanban
System) Increased Productivity at Toshiba's Yanagimachi Plant." Kojokanri 26(11): 1980, pp. 47-59.
Muramatsu. R. "Basic Concepts and Structure of Toyota Production System." Kojokanri 24(13): 1978, pp. 162-165.

____________________ Foundation of Production Control, A New Edition. Kunimoto Shobo, 1979.
Nakai, S. "Toyota's Unique Vitality and Practicing Ability Developed its Own System." Kojokanri 24(13): 1978, pp. 158-161.
Nákamori, K. "Cost Management at the Design Department." (1), (2), IE November 1981, Pp. 65-70; December 1981, PP. 58-64;
Nakane, M. "Mixed-Model Production System at the Body Assembling Line." Kojokanri 27(7): l981,pp. 59-64.
Nakata, 1. "Complete Master of the Basic Concepts of Toyota System." Kojokanri 24(13): 1978, pp. 128-130.
Niigaki, K. "The Ideas at the Workshop Floor Challenged to Make the Line of Single-Piece Production and Conveyance." lE, June 1980, Pp. 66-72.
Nikkan Kogyo Shinbun Sha. Kojokanri editorial division. ed. Honda's Small Group Activities, Nikkan Shobo, 1980.
Nikkan Kogyo Shinbun Sha. Business Group far Support of Toyota, 1980.
Nikko Research Center, ed. Toyota in the 1980's-Jrs Growth Strategy Investigated by Analysis. Nippon Keizai Shinbun Sha. 1979.
Nippon Electric Co., Ltd., Production Equipment Office. "Challenging Shop Toward Multi-Functioned Workers." IE, May 1981, pp. 6-9.
Nippon Keizai Shinbun, "Office Rationalization by Applying Kanban." November7. 1981.
"Employee Stock Ownership Plan, Conducted by U.S.
Labor Unions." February 5, 1982a.
"Experimentation of Life-Time Employment System
Tentative Agreement Between Ford and UAW." February 15, 1982b. (Editorial) "Agreement of Labor Contract Revision
between Ford and UAW." February 17, 1982c.
__________________"Teach Me the Kanban System' - Request by U.S. Bendix Company to Jidosha Kiki Co., Ltd." March 2, 1982d.
"Shock by the Alliance of Giant Automotive Companies." (1), (2) March 9 and 10, 1982 e.
"What a Surging Crowd to the Unmanned Factory!" March 27, 1982f.
"U.S. Auto Industry-Detroit Wagers to Get Out of the
Bottom Condition." April 10, 1982g.
_____________________"Canada Wants to Learn from Japan-Polishing up the Strength of Resource Holding, April 12, 1982h.
"Cooperative Movement in U.S. Industrial Relation is for Real?" June 7, 19821.
(News Colloq.) Mr. Toyoda, President of Toyota Motor
Corporation, "Acceleration to the Effective Management of New Toyota." July 5, 1982j.
"U.S. Reconsiders Japanese-Style Management." (1), (2) Jule 22 and 23, 1982k.
"CAD/CAM System of Toyota-Body Development
- Process." August 5, 19821.—-—-
__________________"Toward the Birth of the Future Typed FMS: Flexible Manufacturing Complex" August 4, 1982m.
Nippon Keizai Shinbun Sha, ed. 1982 Mechatronics Show: A Guide Book.
Nippon Noritsu Kyokai, cd. Toyota's Shop-Floor Management-How to Promote Kanban System 1978.
Noboru, Y. "Cost Accounting and Cost Management at Daihatsu Motor Co., Ltd.," Pamphlet, 1982.
Noboru, Y. and Monden, Y . "Total Cost Management in Japanese Auto industry. "KigyoKaikei, February 1983, pp. 104-112.

Ogawa, T., Tamechika, N. and Muramatsu, T. "Expectation and Demand to the Designing Departrnent and Systematization of Designing Management." ¡E, January 1981, pp. 26.30.
Ohno. T. "Companies Gap WIll Be Determined by the Productivity Cap When the Quantity Decreases." IE, March 1 978a, pp.4-9.
Toyota production system-beyond Management of
large Scale Production. Diamond Publishing Co., Ltd., 1 978b.
Okazaki, K. "Business Analysis of Automobile Makers in Australia-Management Problems in CM, Ford, Mitsubishi (Chrysler), Toyota, and Nissan." (1), (2) Sangyo Keiri, August 1981, pp. 66-75; September 1981 pp. 78-83.
Okumura, M. "Toyota's Energy Conservation Prevailing throughout the Shop Floor." IE, September 1979, pp. 18-24.
Pino, A.P. "Perspectives of Company-Wide QC in Mexico." Hinshitsukanri, 32(10): 1981, pp. 32-37.
Saito, S. Secret of Toyota Kanban System. Kou Shobo, 1978.
Sakakibara, K. "Organizational Structure and Technology." Business Review 27(I); pp. 26-37.
Sandholm, L. "Can Japanese QC Circles Be of Any Use for Western Quality Problems?" Hinshitsukanri 32(10): l98l, pp. 14-19,. -
Sasaoka, K. and Yoshiya, R. "What Production Control Ought to Be in the Manufacturing Industry." (1), (2) Nippon Keizai Shinbun. April 3 and 21, 1982.
Sawabe, M. "Automatic Inspection System and Flexible Manufacturing System." Kojokanri 25(8): 1979, pp. 50.57.
Seki, M. "MRP System in IBM and CMIS, Kojokanri 25(8): 1979, pp. 191.200.
Sekine, K. "Steps Toward Single-Setup: Procedures and Practices for Reducing the Setup Time in Half." Kojokanri 24(7): 1978, pp. 59-64.
"Toyota Kanban System, The Practical Manual."
Kojokanri24(13): 1978, pp. 2-52.
_______________Practical Toyota Kanban System. How to Make a Profit b Eliminating Waste, Nikkan Shobo, 1981.
Shibata, Y. and Hasegawa, N. "Software Package for Support of Kanban, New Production Control System at Kyoho Seisaku Co., Ltd." Kojokanri 27(4):
198l,pp. 17-25.
Shimada. H. "U.S. Industry is Enthusiastic about Its Restoration Efforts for Improving the Quality of labor. "Nippon Keizai Shinbun, October 26, 1981.
Shimokawa, K. US. Automobile Civilization and Japan. Bunshin Do, 1981.
Shingo, S., et al. "Single. Set up Will Change the Business Constitution." Kojokanri 24(7): 1978b, pp. 20-24.
Shingo. S. "Revolution of Setup Time Development to the Single. Setup." Kojokanri 24(7): 1 978b, pp. 20-24.
Study of Toyota Production System from Industrial
Engineering Viewpoint-Development to (he Non-Stock Production, Nikkan Kogyo Shinbun Sha. 1980.
Shioka, K. "Toyota Production System and Work Design." Kojokanri 24(13):
1978, pp. 124-127.
Shishido, T. and Nikko Research Center, ed.Japanese Companies in USA-investigation in the Possibility of Japanese-Style Management, Toyokeizai Shinpo Sha. 1980.
Shomura, O. "Contemporary Auto Workers and Their Job Discontent. An Examination of the International Comparative Study by William H. Form." RokkodaiRonshu 28(2): 1981. pp. 90.106.
Shukan Toyokeizai, "Toyota Kanban System Greets the New Stage" in The Toyota in 1990. (extra issue) July 1, 1982, pp. 21-25.

Suzuki, Y. “Multi-Functioned Worker and Job-Rotation Can Make Flexible Workshop.”IE. May 1980, pp. 22.28.
Tagiri, I “The Vitalities’ are Making Lively Activities around Mr. H. - A Case of Toyota’s QC Circle.” Kojokanri 27(13): 1981, pp. 139.144.
Takahashi, M., Kondo, J., and Tsuihiji, T. “Fuji Heavy Industries, Ltd. - The Present Condition and Purpose of the Automation at Its Body Welding Plant.” Kojokanri 27(4): 1981, pp.-37-45.
Takashashi, M. and Kondo, J. “MicroComputer Aided Lamprey Type, Model Discriminating System for Supporting the Flexibility of Mixed-Model Production. ”IE, February l981,pp. 28-30.
Takahashi, T. “Automation of the Conveyance and Storage in the Flexible Manufacturing System.” Kojokanri 25(8): 1979, pp. 42-49.
Takano, 1. Complete Information of the Toyota Group. Nippon Jitsugyo Publis-
Hing Co., 1978. -
Takezawa, N. “Quality Assurance in the Manufacturing Engineering Department.” Hinshitsukanri 31(8): 1980, pp. 34-39.
Tanaka, H. “Employment Hold-down without Long-tern Consideration Is Risky.” Nippon Keizai Shinbun, November 6, 1977.
Employment Conventions in Japan and U.S., Nippon
Seisansei Hombu (Japan Productivity Center), 1978.
Tanaka, M. “Cost Planning in the Process of Determining the Technology Conditions of the Product.” Genka Keisan, December 1981, pp. 3-32.
Tohno, H. “Toyota System Lets Today’s Production Follow Yesterday’s Sales.” Kojokanri 24(13): l978,pp. 134-136.
Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd., ed. Promotion of the Management by Objective. Aoba Shuppan, 1977.
Tonouch Kogyo PCS Group, “Computer-Aided Dispatching for the Mixed BodyModels at an Assembly Painting Maker.”Kojokanri26(12): 1980, pp. 68-72.
Toyota Motor co., Ltd., Suggestion Committee Office, ed. Manual of Suggestion System, 1964.
Toyota Motor Co., Ltd., QC Promoting Office. “Promotion of Quality Control at Toyota Motor Co., Ltd.” Hinshitsukanri, 17(1): 1966, pp. 14.17.
Toyota Motor Co., Ltd. Toyota Production System for Cost Reduction. (unpublished) lst ed. 1973, 2nd ed. 1975.
Financial Statements 1980. Printing Bureau of the
Ministry of Finance, 1980.
Outline of Business (Business Report), August 1981.
Toyota Motor Sales Co., Ltd. Financial Statements 1980, Printing Bureau of the Ministry of Finance, 1 980.
Tsumura T. “New Development of Industrial Engineering Closely Connected with Management.” Kojokanri 24(13): 1978. pp. 136-140.
Uno, K. “Japanese Technology Potentials Close in Upon the United States.” Nippon Keizai Shinbun, December 5, 1981.
Volle, J. “Product Quality in France-Concerning the Influence by Japan.” Hinshitsukanri, 32(10): 1981 pp. 39-46.
Wada, R. “Machining Automation in the Flexible Manufacturing System.” Kojokanri 25(8): 1979, pp. 29-41.
Washida A. “A Comment on the Toyota Manufacturing Methods.” Kojokanri 24 ¿13): 1978, pp. 131-134.
Yamada M “The Course Toward a Business Elite by Developing the Career.” Diamond Harvard Business. November-December 1979, pp. 111-117.
“Management System of Japanese Companies in U.S.”
Diamond Harvard Business, May-June 1980, pp. 113-119.

Yamada, T. and Fujita, M. “Practice of the Process Improvements at Tokai Rika Co., Ltd.” Kijokanri 25(8): 1979, pp. 120-129;
Yamada, Y. “Points of Community and Difference between MR? and Toyota Production System.” Kokikanri 25(8): 1979, pp. 96.1 10.
Yoshida. O. “Challenge to the Zero Defective Units by Completely Controlling the Abnormalities.” Kojokanri 26(8): 1980, pp. 58-150.
Yoshida, S. “Overseas Operations and the Quality Assurance at the Shop Floor.” Kojokanri 26(8): 1980, pp. 24.30. -
Yoshikawa, A. and Minato, A. “Total Optimization by Integrating the Design and Manufacturing Technologies.” IE April 1980, pp. 20-22.
Yoshimura, M., Miyamoto, T. and Hori, E. “Optimal Sequencing Algorithm for the Assembly Line of the Medium Variety-Medium Quantity Models” in Japan Operations Research Society, ed. Proceedings of Abstracts of 1982 Spring Research Conference, pp. 147.148. -
Yoshimura, T. “The Single-Setup and the Process Imporvements for Line Balancing. ”IE’ April 1980, pp. 27-28.
Yoshiya, R. and Nakane, J. MRP System-New Production Control in the Computer Age. Nikkan Kogyo Shinbun Sha. 1977.
“Toyota Production System viewed from the Standpoint of the MRP System Researchers.” Kojokanri 24(1 3): 1978, pp. 102-108.
Yoshiya, R. “Management Revolution by Means of MRP.” Diamond Harvard Business, March-April 1979, pp. 85-90.

Traducción de los titulos de las principales Revistas japonesas citadas en esta bibliografía:

Kojokanri : Gestión de Fábricas

I E : Ingeniería Industrial

Hiushitsukanri : Control de Calidad

Nippon Keizai Shinbun : Diario Económico del Japón.